



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
Dipartimento di Scienze della Terra



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DEL SANNIO
Dipartimento di Studi Geologici e Ambientali



PROVINCIA DI AVELLINO
Assessorato all'Ambiente
Settore Politica del Territorio
Servizio Acque



ALTO CALORE SERVIZI S.p.A.
Avellino



CONSORZIO PER L' AREA DI
SVILUPPO INDUSTRIALE
della Provincia di Avellino

Sabino Aquino*, Vincenzo Allocca, Libera Esposito***, Pietro Celico****



RISORSE IDRICHE DELLA PROVINCIA DI AVELLINO (Appennino meridionale, Italia)

* Alto Calore Servizi S.p.A.

** Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli "Federico II".

*** Dipartimento di Studi Geologici e Ambientali, Università degli Studi del Sannio.

Foto in copertina :

- Fiume Calore – Montella (S. Aquino).
- Sorgente Candraloni – Montella (S. Aquino).
- Invaso di Conza della Campania (Ente per lo Sviluppo dell' Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia Lucania e Irpinia).

© Copyright 2006 – Arti Grafiche Cinque s.r.l. – Avellino
Tutti i diritti riservati. Riproduzione vietata.
Composizione e stampa: Arti Grafiche Cinque s.r.l. – Avellino

Indice

Presentazione	pag. 5
Riassunto	pag. 7
Abstract	pag. 8
1. Introduzione	pag. 8
2. Risorse idriche sotterranee	pag. 9
2.1 Assetto idrogeologico	pag. 9
2.1.1 Massicci carbonatici	pag. 9
Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano p. p.	pag. 9
<i>La conca di Forino</i>	pag. 16
Monte Accellica-Licinici-Mai p. p.	pag. 19
Monte Terminio-Tuoro	pag. 24
<i>La piana del Dragone</i>	pag. 39
<i>La sorgente Baiardo</i>	pag. 42
<i>Effetti indotti dal terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle sorgenti di Cassano Irpino e Serino</i>	pag. 44
Monte Polveracchio p. p.	pag. 45
Monte Cervialto p. p.	pag. 51
<i>Il piano Laceno e la grotta del Caliendo</i>	pag. 56
<i>Effetti indotti dal terremoto del 23 novembre 1980 sul regime della sorgente Sanità di Caposele</i>	pag. 60
Monte Marzano-Ogna p. p.	pag. 63
2.1.2 Piane alluvionali	pag. 65
Piana dell'Isclero p. p.	pag. 65
Piana del Solofrana p. p.	pag. 66
Area urbana di Avellino	pag. 72
Alta Valle del Sabato	pag. 74
Piana dell'Ufita	pag. 78
2.1.3 Acquiferi conglomeratici	pag. 79
Conglomerati di Luogosano e Paternopoli	pag. 79
Monti della Baronia	pag. 81

2.2	Risorse termali e minerali	pag. 85
2.3	Monitoraggio finalizzato alla gestione ottimale delle risorse idriche: la rete meteorologica, idrogeologica ed ambientale del Monte Terminio-Tuoro	pag. 89
2.4	Vulnerabilità intrinseca all'inquinamento degli acquiferi	pag. 93
2.4.1	Approccio metodologico e criteri di analisi	pag. 93
2.4.2	Scenari di vulnerabilità	pag. 94
	Massicci carbonatici	pag. 94
	Piane alluvionali	pag. 94
	Aree conglomeratiche e flyschiodi	pag. 95
3.	Risorse idriche superficiali	pag. 95
3.1	Descrizione del fiume Calore	pag. 95
3.2	Descrizione del fiume Sabato	pag. 98
3.3	Descrizione del fiume Sele	pag. 100
3.4	Descrizione del fiume Ofanto	pag. 103
3.5	Principali caratteristiche degli invasi artificiali	pag. 106
	Diga di Conza	pag. 107
	Diga di San Pietro	pag. 108
	Diga di Macchioni	pag. 109
4	Considerazioni conclusive	pag. 110
	Ringraziamenti	pag. 111
	Riferimenti bibliografici	pag. 112
	Principali riferimenti normativi	pag. 112
	Referenze fotografiche	pag. 120
	Appendice "A" - Banca-Dati delle Sorgenti e dei Pozzi	pag. 121

Presentazione

E' noto che per la Campania, come per altre regioni del sud Italia (Basilicata e Puglia), la provincia di Avellino rappresenta un'area di interesse strategico per quanto concerne l'approvvigionamento delle risorse idriche. Basta citare il nome Irpinia per rievocare le ingenti fonti idriche di Caposele, di Cassano Irpino e di Serino, da cui traggono alimentazione i più importanti acquedotti del meridione d'Italia.

Sulla base dell'attuale assetto infrastrutturale, le acque dell'Irpinia ricadono, infatti, al centro di un complesso sistema di interscambi idrici interregionali, per quanto concerne il comparto potabile ed irriguo. Tuttavia, non sempre l'uso e la gestione delle stesse risorse avvengono in maniera coordinata, attraverso un'organica ed approfondita conoscenza idrogeologica del territorio, né tanto meno mediante approcci di tutela conservativa, adeguati ai diversi scenari idrodinamici ed antropici realmente esistenti sul territorio.

In tale contesto ben si colloca il presente lavoro di ricerca che ho il piacere di presentare. Esso, infatti, costituisce la sintesi delle conoscenze idrogeologiche quali-quantitative sui principali acquiferi, e sulle relative risorse, ricadenti nella provincia di Avellino. Conoscenze, quest'ultime, derivanti da oltre quaranta anni di ricerca scientifica, di base ed applicata, iniziata già alla fine degli anni '50 dall'ex Istituto di Geologia Applicata e tutt'ora in corso presso i Dipartimenti di Scienze della Terra e di Geotecnica (Sezione di Geologia Applicata) dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Lo studio ha interessato, con differenti gradi di approfondimento, l'analisi delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica nel suo complesso (acque sotterranee, acque superficiali, risorse termo-minerali, etc.), nonché le principali problematiche idrogeologiche connesse con la vulnerabilità e la salvaguardia dall'inquinamento dei differenti acquiferi.

I risultati acquisiti, se da un lato hanno consentito di evidenziare l'elevata importanza e l'enorme potenzialità idrica del territorio irpino, dall'altro hanno posto in risalto l'esigenza di una più approfondita analisi di alcuni ambiti idrogeologici specifici, da programmare e sviluppare al fine di predisporre azioni e misure efficaci di protezione e di prevenzione dai rischi idrogeologici (inquinamento, depauperamento, etc.), nonché strumenti operativi per un uso razionale delle risorse.

Lo sforzo profuso dagli Autori, impegnati da decenni nel campo delle ricerche idrogeologiche, costituisce per gli Enti e le Amministrazioni locali, nonché per i diversi Gestori del servizio idrico, uno stimolo ed un utile strumento di lavoro per una corretta politica di gestione delle acque, coordinata e sostenibile sul medio e lungo periodo. Esso si pone altresì come un importante contributo per l'accrescimento delle conoscenze idrogeologiche del territorio, quale presupposto fondamentale per la soluzione delle complesse problematiche di tutela e di salvaguardia delle acque, nonché di riqualificazione e valorizzazione delle stesse risorse naturali.



Prof. Ing. Pasquale Nicotera

Ordinario di Geologia Applicata

*Direttore dell'ex Istituto di Geologia Applicata – Facoltà di Ingegneria
Università degli Studi di Napoli "Federico II"*

Risorse Idriche della provincia di Avellino (Appennino meridionale, Italia)

Aquino S.*, Allocca V., Esposito L.***, Celico P.****

*Alto Calore Servizi S.p.A.

Corso Europa, 41 – 83100 AVELLINO. Tel.: + 39.0825/794258, Fax: + 39.0825/792257.

✉ sabino.aquino@altocalore.it

**Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli “Federico II”.

Largo S. Marcellino, 10 – 80123 NAPOLI. Tel.: +39.081/2535071-069, Fax: +39.081/2535070.

✉ vincenzo.allocca@unina.it; celico@unina.it

***Dipartimento di Studi Geologici e Ambientali, Università degli Studi del Sannio.

Via Port’Arsa, 11 – 82100 BENEVENTO. Tel.: +39.0824/305149, Fax: +39.0824/23013.

✉ libera.esposito@unisannio.it

Riassunto

Nel presente lavoro è riportata la sintesi delle attuali conoscenze idrogeologiche sul territorio della provincia di Avellino.

L’acquisizione e l’omogeneizzazione di dati ed informazioni contenuti in studi finora sviluppati e l’integrazione con nuove e più recenti acquisizioni, derivanti da attività di rilevamento geologico e idrogeologico di campo, hanno consentito di effettuare un’ampia e dettagliata caratterizzazione quali-quantitativa dei principali acquiferi ricadenti nel territorio irpino. Infatti, nell’ambito di ciascuno di essi sono stati definiti l’assetto idro-stratigrafico e idro-strutturale, lo schema di circolazione idrica sotterranea delle principali falde, le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee, la potenzialità di ogni singola risorsa, etc.. Inoltre, sono state analizzate le problematiche connesse con la salvaguardia dall’inquinamento di talune risorse ricadenti in aree carbonatiche e le modificazioni idrodinamiche su di esse indotte da fenomeni sismici.

Gli stessi dati sperimentali hanno permesso altresì di individuare le principali aree di interesse termo-minerale e di delineare un primo modello concettuale interpretativo dei meccanismi di mineralizzazione e termalizzazione delle acque sotterranee.

L’analisi integrata dei dati geologici e idrogeologici ha consentito infine di definire i principali caratteri di vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all’inquinamento e di identificare quei fattori che, localmente, possono accrescere il rischio di contaminazione della risorsa.

L’insieme delle conoscenze acquisite vengono esplicitate, oltre che mediante la presente memoria, anche attraverso un’adeguata rappresentazione cartografica in scala 1:100.000, in cui sono contenuti lo schema di circolazione idrica sotterranea, la carta di vulnerabilità all’inquinamento ed alcune ricostruzioni esemplificative di scenari idrodinamici tipici di importanti risorse dell’Irpinia.

I numerosi dati geologici, idrogeologici, idrochimici e di vulnerabilità all’inquinamento acquisiti, costituiscono un presupposto fondamentale per un’adeguata salvaguardia quali-quantitativa delle acque sotterranee e per l’ottimizzazione della gestione e dell’uso della risorsa, in un territorio di rilevanza strategica per diversi sistemi acquedottistici dell’Italia meridionale.

Infine, vengono forniti alcuni elementi informativi in merito ai principali corpi idrici superficiali, sia naturali sia artificiali (invasi).

[Parole chiave: *risorse idriche sotterranee, acque termo-minerali, vulnerabilità all’inquinamento, risorse idriche superficiali, invasi artificiali, Irpinia, Appennino meridionale*].

Abstract

In this paper it is depicted the synthesis of the present knowledge about the hydrogeology of the territory of the Avellino Province.

The main aquifers (carbonate, alluvional and conglomeratic) of the area are examined in their most significant characteristics, through the utilization of unpublished data recently collected.

Moreover, they are graphically represented through a detailed Hydrogeological Map (1:100.000 scale), which highlights their schemes of groundwater flow. For each of the examined aquifers the degree of vulnerability to pollution is valued.

Finally, the main aspects concerning the principal waters superficial bodies (rivers and dams) are described.

The collected evidence here displayed is an important tool for future applied research; in particular, it can help in improving the integrated management of the water resources of the southern Italian Regions.

[Key words: groundwater resources, thermo-mineral water, vulnerability to pollution, surface water resources, dams, Irpinia, southern Apennines].

1. Introduzione

La provincia di Avellino riveste un ruolo strategico nell'ambito della gestione e del coordinamento di diversi sistemi idrici dell'Italia meridionale. Infatti, gran parte delle risorse, captate da alcuni tra i più importanti acquedotti italiani (Alto Calore Servizi S.p.A., Acquedotto Pugliese S.p.A., Azienda Risorse Idriche Napoli S.p.A.), vengono destinate all'approvvigionamento potabile delle regioni Campania, Puglia e Basilicata.

L'articolato assetto idrogeologico del territorio e la molteplicità di Enti operanti ed interferenti nella gestione della risorsa idrica, impongono necessariamente una pianificazione coordinata, di breve e lungo periodo, dell'uso delle acque sotterranee.

Pianificazione che, basata sulle reali potenzialità degli acquiferi e sul principio di sostenibilità della risorsa, deve agevolare, a livello interregionale, i processi di interscambio tra i vari sistemi acquedottistici e garantire qualità e quantità della risorsa per le molteplici esigenze socio-economiche dell'utenza.

In tale ottica, è di fondamentale importanza la conoscenza idrogeologica del territorio, intesa come analisi delle caratteristiche quali-quantitative dei diversi scenari idrodinamici, in relazione soprattutto alle locali evoluzioni antropiche.

Nell'ambito del presente studio, sulla base dei dati disponibili e di nuove ed inedite acquisizioni derivanti da attività di rilevamento geologico ed idrogeologico di campo, è stato realizzato un primo e completo documento conoscitivo, che compendia quanto attualmente noto sulle risorse idriche sotterranee della provincia di Avellino.

L'analisi idrogeologica espletata ha consentito di individuare i principali acquiferi e, nell'ambito di ciascuno di essi, di definire: a) le caratteristiche litostratigrafiche, strutturali ed idrologiche dei diversi complessi idrogeologici; b) gli schemi di circolazione idrica sotterranea delle principali falde; c) le interconnessioni esistenti tra i diversi bacini sotterranei interagenti; d) gli interscambi tra falde e fiumi; e) la potenzialità delle principali risorse; f) le caratteristiche

chimico-fisiche delle acque sotterranee. In aggiunta, per talune falde sono stati analizzati gli aspetti idrodinamici e di salvaguardia all'inquinamento, connessi con fenomeni sia sismici sia carsici.

Inoltre, sono state individuate le principali aree di interesse termo-minerale e descritte le loro peculiari caratteristiche chimico-fisiche, in relazione ai diversi meccanismi di mineralizzazione e di termalizzazione delle acque.

Infine, sono stati analizzati i caratteri intrinseci di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi ed è stato elaborato un primo modello teorico inerente alla suscettibilità dei diversi corpi idrici sotterranei ai fenomeni di contaminazione antropica.

La presente memoria e la carta idrogeologica, in scala 1:100.000, contenente lo schema di vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi ed alcune ricostruzioni esemplificative di scenari idrodinamici tipici dell'area, costituiscono la sintesi descrittiva e cartografica delle attuali conoscenze idrogeologiche della provincia di Avellino. In essa sono contenuti, infine, alcuni elementi informativi inerenti ai principali corpi idrici superficiali, sia naturali sia artificiali (invasi).

2. Risorse idriche sotterranee

2.1 Assetto idrogeologico

Dato il particolare assetto geologico-strutturale del territorio, la provincia di Avellino si profila particolarmente complessa dal punto di vista idrogeologico.

Le risorse idriche sotterranee sono infatti disomogeneamente distribuite a livello provinciale e per lo più concentrate in due ambiti idrogeologici principali:

a) i *massicci carbonatici* della dorsale appenninica, costituenti circa il 25% del territorio;

b) le *piane alluvionali* intramontane, occupanti circa il 10%.

I domini collinari *conglomeratici* e quelli più propriamente *flyschoidi*, che costituiscono circa il 65% dell'area provinciale, rivestono un rilevante interesse locale, soprattutto in taluni settori dell'Irpinia, laddove rappresentano l'unica risorsa disponibile per le molteplici esigenze locali.

2.1.1 Massicci carbonatici

Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano p.p.

Dell'intero massiccio carbonatico dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano (circa 360 km²; Fig. 2.1.1/1), solo il settore orientale ricade nel territorio della provincia di Avellino.

In tale ambito, il massiccio è rappresentato prevalentemente da rocce calcaree e calcareo-dolomitiche (Cretaceo Sup.-Lias), poggianti su termini dolomitici (Triassico), appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale Monti Picentini-Taburno della piattaforma carbonatica campano-lucana (D'ARGENIO *et alii*, 1973; BONARDI *et alii*, 1988).

Nell'ambito della successione è possibile distinguere, a luoghi, un orizzonte calcareo-marnoso (*livello ad Orbitoline*), costituito da banchi e strati di natura argilloso-marnosa e, subordinatamente, marnoso-conglomeratica, particolarmente importante nell'ambito della circolazione idrica sotterranea relativamente più superficiale.

Lungo il bordo settentrionale e meridionale del massiccio, si rinvengono ampi affioramenti di depositi piroclastici e detritico-conglomeratici, mentre lungo il margine nord-orientale e sud-orientale affiorano prevalentemente litotipi arenaceo-argilloso-marnosi, appartenenti alle Unità Iripine.

Infine, coltri piroclastiche e depositi detritici ricoprono, con ampi spessori, le aree interne dei rilievi, soprattutto laddove sono presenti evidenti fenomeni carsici (conca di Forino).

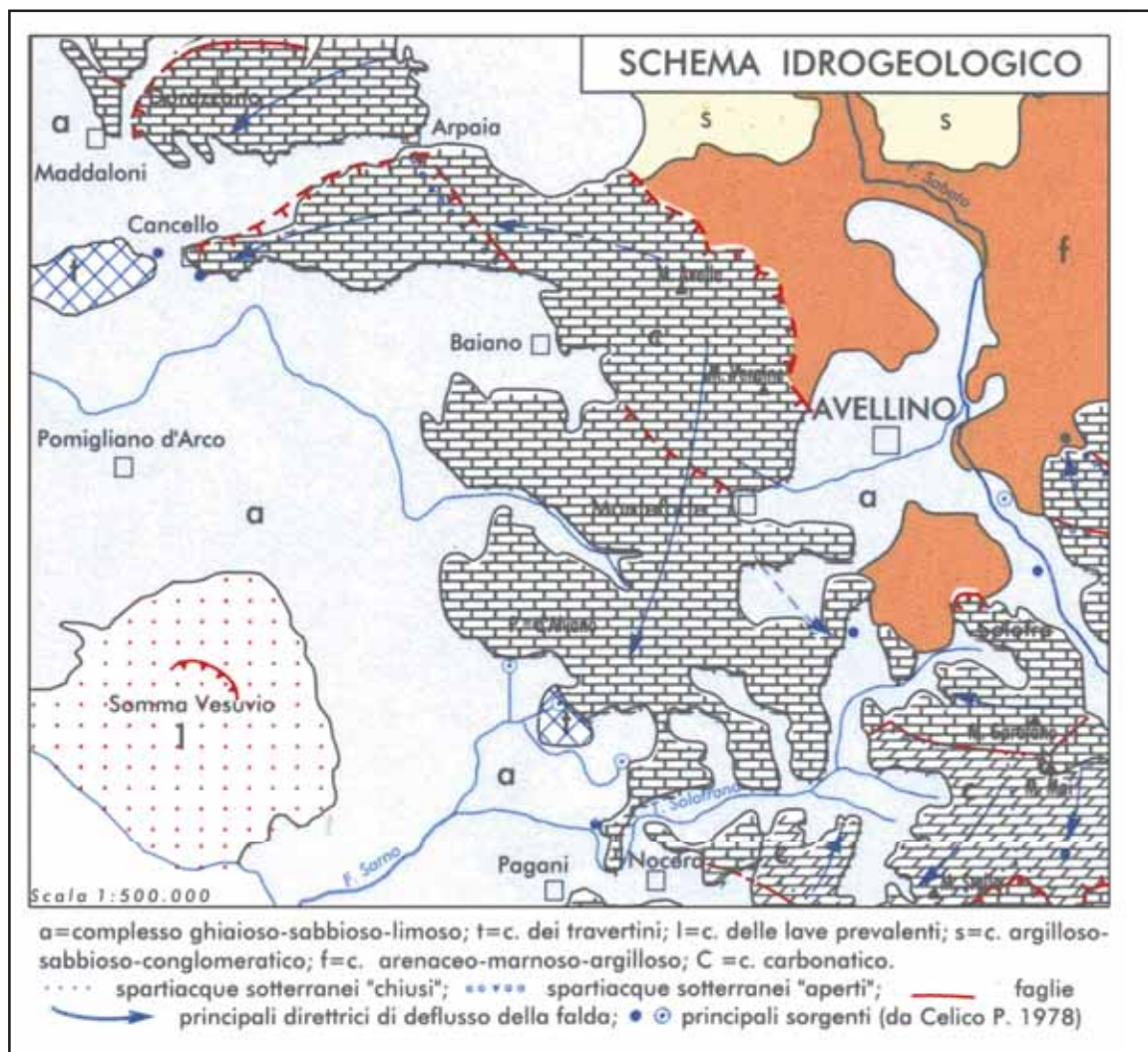


Fig. 2.1.1/1 - Schema idrogeologico dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano (da CELICO, 1978).

In tale porzione di territorio, il rilievo carbonatico risulta idrogeologicamente delimitato (CIVITA *et alii*, 1970; CELICO & DE RISO, 1978; CELICO, 1978; 1983):

- a N, dalla presenza di litotipi detritico-alluvionali della piana dell'Isclero, sotto ai quali si maschera una situazione strutturale particolarmente complessa, costituente il prolungamento, verso E, della faglia inversa Canello-Arpaia;
- a NE, dall'accavallamento tettonico dell'idrostruttura carbonatica sui depositi arenaceo-marnoso-argillosi, appartenenti alle unità litostratigrafiche neogeniche pre e tardo-orogene (Unità Irpine);
- a S, dal contatto con i depositi piroclastico-alluvionali affioranti nell'alta valle del Solofrana.

L'assetto strutturale e l'andamento plano-altimetrico della cintura impermeabile condizionano fortemente la circolazione idrica sotterranea.



1 - Monti del Partenio

La presenza della discontinuità tettonica, a componente compressiva, lungo l'allineamento Baiano-Monteforte Irpino (CELICO & DE RISO, 1978), determina una scomposizione dei deflussi idrici sotterranei verso i settori meridionali e settentrionali del massiccio. Ciò tuttavia sembra non precludere la possibilità di travaso idrico sotterraneo dalla dorsale del Monte Partenio verso quella dei Monti di Avella, la cui falda defluisce verso le ex sorgenti di Canello.

Nell'ambito dello schema di circolazione idrica sotterranea della falda di base (CIVITA *et alii*, 1970; CELICO & DE RISO, 1978; CELICO, 1978; 1983) è possibile individuare almeno tre principali direzioni di flusso orientate, rispettivamente, verso le ex sorgenti di Canello, il gruppo sorgivo di Sarno e le sorgenti Laura e Labso.

Queste ultime scaturigini, ubicate ai margini del rilievo carbonatico, nell'alta valle del Solofrana, sono alimentate, oltre che dalla falda in rete, anche da un

complesso sistema di canalizzazioni carsiche posto in diretta comunicazione con l'inghiottitoio della conca di Forino (CELICO, 1983; SANTO *et alii*, 1998).

Pertanto, se si escludono i deflussi idrici sotterranei in quota e quelli relativi al bacino di alimentazione delle sorgenti Laura e Labso, tutte le acque di infiltrazione efficace ricadenti all'interno del massiccio concorrono ad alimentare un'unica falda di base avente recapito fuori dal territorio irpino, in corrispondenza di sorgenti, in toto o in parte captate, ricadenti nell'area sarnese e nella zona di Cancellò.

In tabella 2.1.1/1 sono riportati i dati relativi alle principali sorgenti dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano, rientranti in provincia di Avellino.

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Laura	185	0,20	0,14	0,04	
Labso	199	–	0,12	–	
Bocca dell'Acqua	930	–	0,040	–	

Tab. 2.1.1/1 - Dati di portata delle principali sorgenti dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano, ricadenti in provincia di Avellino.

Le captazioni di acque sotterranee, ricadenti nel territorio irpino, sono in gran parte costituite da campi pozzi, concentrati prevalentemente nella zona dell'alto Solofrana e del Vallo lauro-baianese.

Solo alcune delle principali sorgenti (Bocca dell'Acqua, etc.) sono, in toto o in parte, captate tramite opere di presa a gravità.



2 - Condotto Carsico della Sorgente Bocca dell'Acqua - Sirignano

L'utilizzo delle risorse idriche sotterranee avviene per scopo essenzialmente potabile e/o industriale, ad eccezione delle sorgenti Laura e Labso le cui acque sono destinate ad uso agricolo.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle caratteristiche idrogeologiche delle diverse sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Dal punto di vista chimico-fisico, le acque sotterranee dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano sono caratterizzate da una facies bicarbonato-calcica (CELICO *et alii*, 1980).

A titolo esemplificativo, si riporta il diagramma di classificazione di Piper (Fig. 2.1.1/2) relativo alla sorgente Bocca dell'Acqua, elaborato sulla base dell'analisi chimica eseguita nel periodo di magra dell'anno 2004.

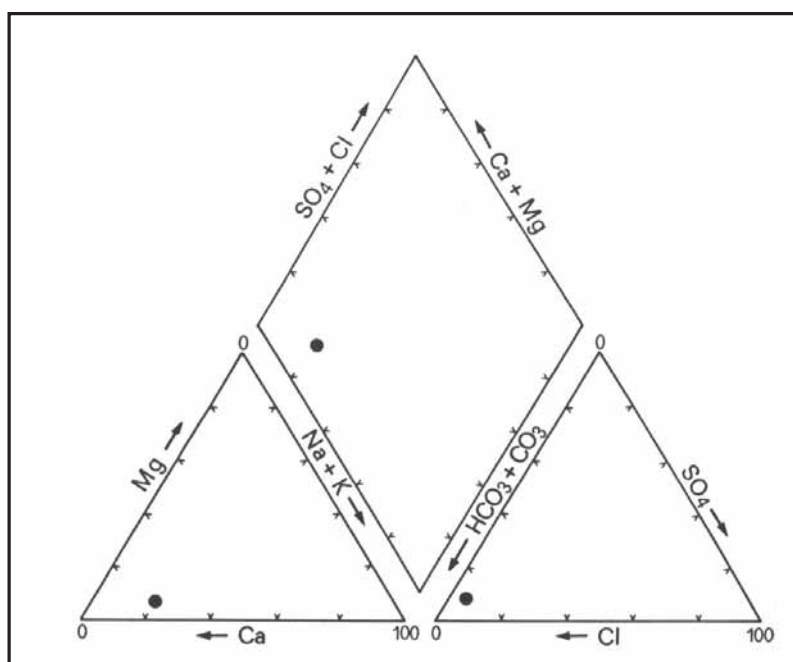


Fig. 2.1.1/2 - Diagramma di classificazione di Piper relativo alla sorgente Bocca dell'Acqua

In generale, anche con riferimento all'analisi di tabella 2.1.1/2, le acque con deflusso nell'idrostruttura in esame sono caratterizzate da concentrazioni di sodio e potassio minori del 30% e da tenori di solfati e cloruri che raramente superano il 20%.

T °C	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	SO4 mg/l	F mg/l	dh °F	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO3 mg/l	K mg/l	Na mg/l
7.8	274	7.73	Ass.	Ass.	4.25	1.09	0.0007	12.5	47.2	1.68	12.07	169.6	5.26	7.55
						0.60 meq/l			76.51 meq/l	2.72 meq/l	6.60 meq/l	92.80 meq/l	20.77 meq/l	

Tab. 2.1.1/2 - Dati idrochimici relativi alla sorgente Bocca dell'Acqua e relative % di Piper

Gli ioni alcalino-terrosi risultano sbilanciati a favore del calcio, come dimostra il valore del rapporto caratteristico rMg/rCa che, nel caso della sorgente Bocca dell'Acqua, assume valori inferiori all'unità ($rMg/rCa \cong 0,03$), ma prossimi a quelli delle acque che defluiscono in acquiferi carbonatici ($0,50 \div 0,70$; in CHIESA, 1994); quest'ultimo dato è confortato, inoltre, dai valori medi del rapporto caratteristico rNa/rK ($\cong 5,0$), sintomatico dell'attraversamento di rocce carbonatiche (SCHOELLER, 1975).



3 - Torrente Caudino - Monte Teano - S. Martino V. C.

I dati chimici disponibili in bibliografia mostrano, tuttavia, l'esistenza di alcune differenze idrochimiche soprattutto riguardo al grado di mineralizzazione. Ciò è legato alla presenza di circuiti differenti, più o meno profondi, ma sempre all'interno dello stesso bacino di alimentazione rappresentato dall'acquifero fratturato. Infatti, la genesi delle acque a maggiore mineralizzazione (Cerola Minerale ed ex sorgenti di Mefito e Calabricito) è connessa con l'approfondimento dei circuiti idrici sotterranei dovuto al particolare assetto idrostrutturale nella zona di emergenza delle acque sorgive.



4 - Sorgente Mafariello - S. Martino V. C.

Inoltre, le acque più mineralizzate sono anche caratterizzate da più elevati contenuti di CO_2 (compresi tra 250 e 350 mg/l), la cui presenza è certamente di origine endogena.



5 - Campo S. Giovanni - Summonte

Con riferimento alle caratteristiche qualitative delle acque, non si rinvennero elementi indicativi di fenomeni di contaminazione antropica in atto o pregressi. Basti considerare le basse concentrazioni dei prodotti dell'azoto, ammoniaca, nitriti e nitrati, riportati in tabella 2.1.1/2. Ciò nonostante, gli elevati valori, in termini relativi, del rapporto rK/rNa (compresi tra 0,30 e 0,34) e della SiO_2 (compresi tra

26,1 e 32,6 mg/l), riscontrabili per le sorgenti di S. Marina di Lavorate e S. Mauro (facenti parte del gruppo delle sorgenti di Sarno), devono indurre a riflettere sull'elevato rischio di contaminazione delle acque sotterranee, circolanti nell'idrostruttura carbonatica. Infatti, gli stessi valori, confermano l'esistenza di fenomeni di interconnessione idraulica tra l'idrostruttura carbonatica e l'acquifero dell'antropizzata piana del torrente Solofrana (CELICO, 1983).

La conca di Forino

La conca di Forino (circa 22 km²; Fig. 2.1.1/3) costituisce una delle più ampie zone a deflusso endoreico dell'Appennino meridionale. E' ben nota l'importanza che essa riveste nell'ambito dei problemi connessi con la salvaguardia all'inquinamento delle risorse idriche sotterranee (SANTO *et alii*, 1998).

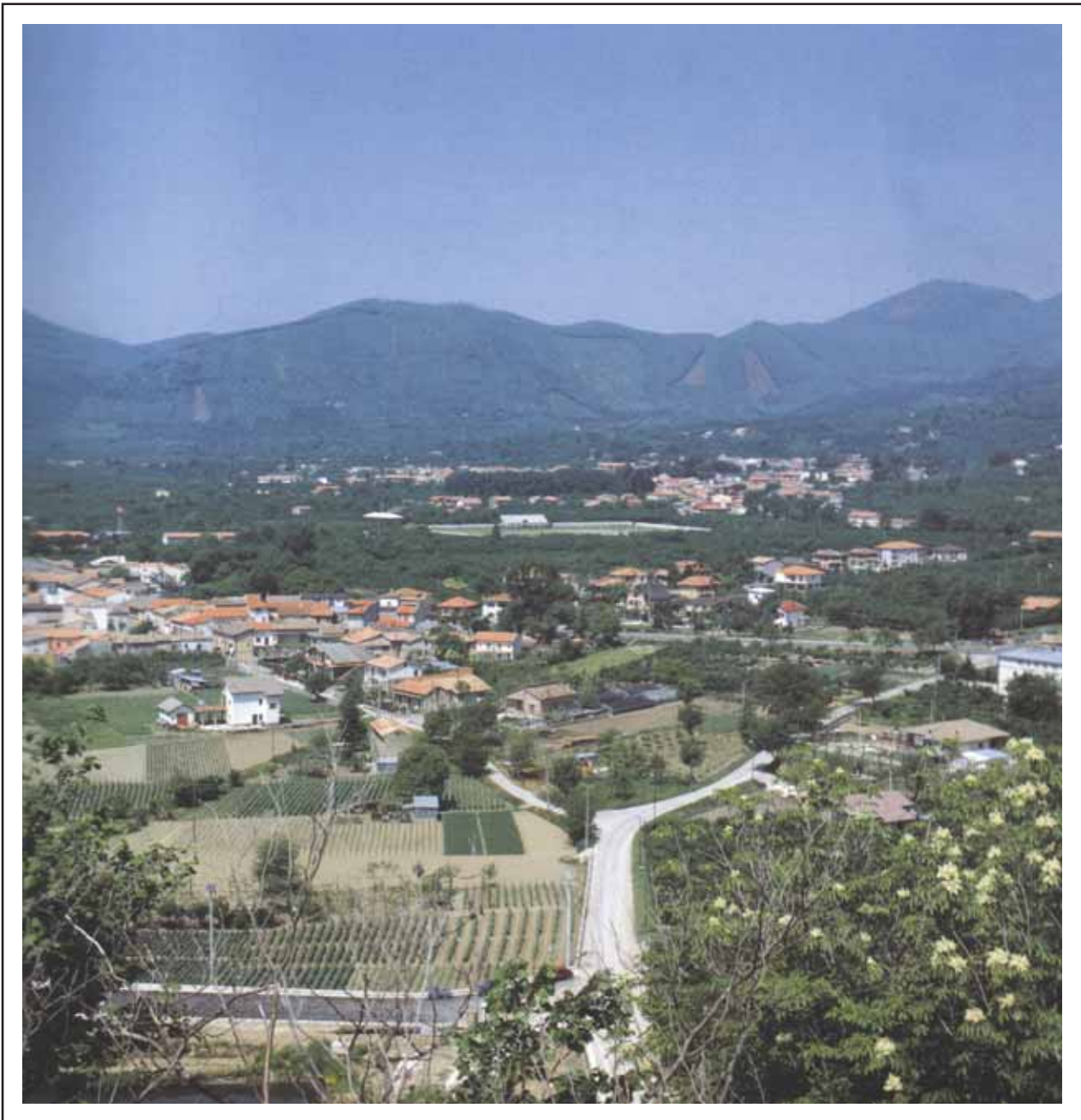
All'interno del bacino endoreico affiorano litotipi calcarei, depositi argilloso-marnosi, depositi detritico-piroclastici e lacustri.

Ad eccezione delle piccole sorgenti, in parte captate, di ridotta portata (variabile da 0,1 a 2,0 l/s), presenti lungo il margine settentrionale della piana, tutte le acque di ruscellamento e di infiltrazione efficace che defluiscono nell'ambito del bacino endoreico vengono drenate, insieme a quelle derivanti dallo scarico fognario dell'abitato di Forino, da un inghiottitoio ubicato nel settore sud-orientale della piana (in località Celzi) e da un complesso sistema di canalizzazioni carsiche posto in comunicazione con le sorgenti Laura e Labso.

Sulla base delle ricostruzioni piezometriche (SANTO *et alii*, 1998), si osserva che l'acquifero piroclastico-alluvionale occupante la piana è sede di una falda idrica superficiale il cui deflusso è orientato da NW verso SE.

Sebbene già in CELICO (1983) sia stata ipotizzata la presenza di un collegamento diretto tra l'inghiottitoio e le sorgenti Laura e Labso, solo in SANTO *et alii* (1998) sono state eseguite prove sperimentali mediante l'utilizzo di traccianti.

I dati acquisiti per la sorgente Labso hanno consentito di accertare il suddetto collegamento e di determinare un tempo di transito del tracciante (NaCl) minore di 12 ore; tempi a cui corrisponderebbe una conducibilità idraulica del sistema inghiottitoio-canale carsico - sorgente pari a circa $4,0 \times 10^{-2}$ m/s. Nessun tracciante invece è stato rilevato nelle acque della sorgente Laura, probabilmente perché non esiste alcun collegamento diretto con l'inghiottitoio.



6 - Piana di Forino

Da una prima stima dei volumi di acqua che affluiscono verso la zona interessata dal suddetto sistema carsico, si calcola (SANTO *et alii*, 1998) una alimentazione mediamente pari a circa $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$, a cui bisognerebbe aggiungere i quantitativi idrici dello scarico fognario dell'abitato di Forino. Solo una parte di tali volumi idrici (circa $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$) viene drenata dalle sorgenti Labso e Laura; la restante parte si disperde nella falda che ha recapito principale alle sorgenti di Sarno, poste ad alcuni chilometri di distanza.

- Carta geologica dell'area del bacino di Forino: 1) depositi piroclastici rimodellati e depositi lacustri di prevalente natura limoso-sabbiosa (Pleistocene superiore-Olocene); 2) depositi detritici e piroclastici (Pleistocene superiore-Olocene); 3) depositi in facies di flysch (Miocene); 4) calcari mesozoici; 5) giacitura di strato e valori di inclinazioni: a=0°-10°; b=10°-30°, c=30°-70°; 6) faglia diretta, tratteggiata se presunta; 7) faglia trascorrente; 8) sondaggio e relativa numerazione, le stratigrafie sono in Fig. 4; 9) sorgente; 10) inghiottitoio; 11) traccia di sezione.

Geological map of the Forino basin: 1) pyroclastic reworked deposits and silty-clayey lacustrine deposits (upper Pleistocene-Holocene); 2) slope breccias and pyroclastic deposits (upper Pleistocene-Holocene); 3) flysch deposits (Miocene); 4) limestones (Mesozoic); 5) dip of the strata: a= 0°-10°; b=10°-30°, c=30°-70°; 6) fault and presumed fault; 7) strike fault; 8) borehole and related referring number, see the stratigraphic column fig. 4; 9) spring; 10) ponor; 11) geological cross-section.



- Sezioni geologiche dell'area del bacino di Forino: 1) depositi alluvionali; 2) detrito di falda; 3) flysch; 4) calcari; 5) dolomie; 6) faglia; 7) sondaggio.

Geological cross-section in the Forino basin: 1) alluvial deposits; 2) slope breccias; 3) flysch; 4) limestones; 5) dolomites; 6) fault; 7) borehole.

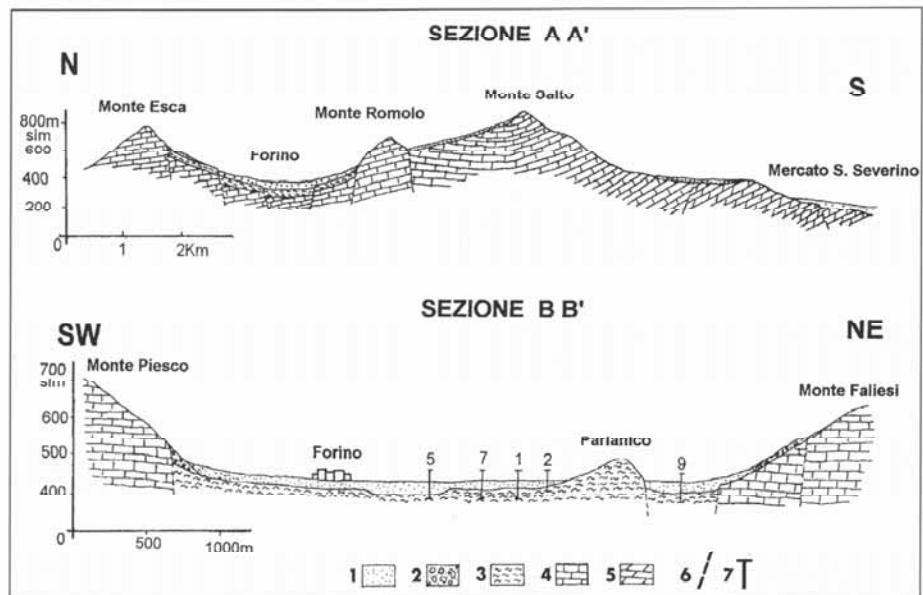
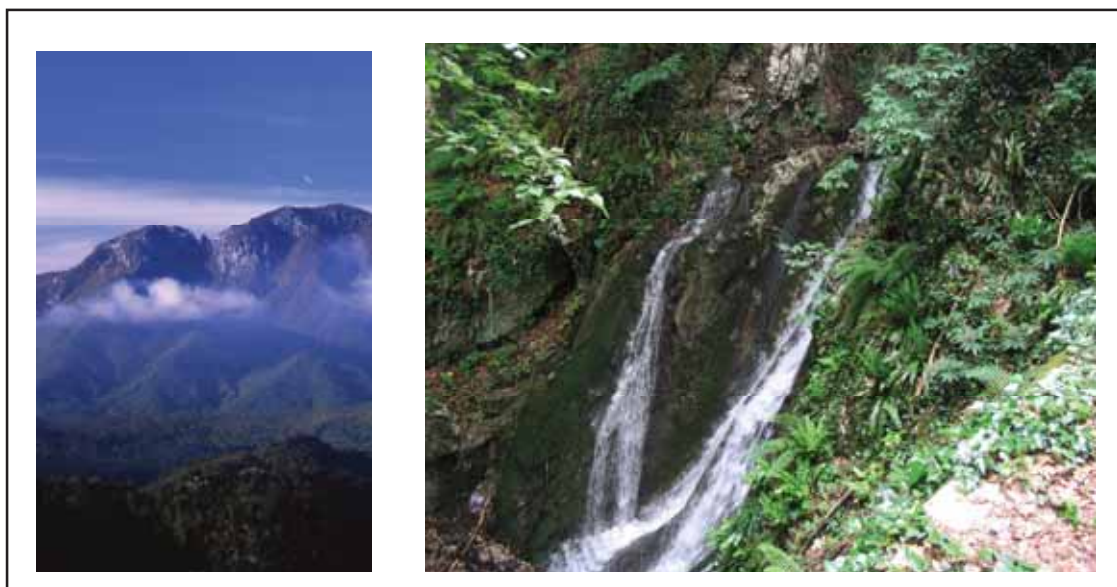


Fig. 2.1.1/3 - Carta geologica dell'area del bacino di Forino e relative sezioni geologiche schematiche (da SANTO et alii, 1998)

E' evidente quindi che lo scenario antropico e l'articolato sistema idrodinamico locale determinano un serio rischio di inquinamento, oltre che per le acque sotterranee locali (sorgenti Laura e Labso), anche per l'importante risorsa potabile dell'area sarnese.

Monti Accellica-Licinici-Mai p.p.

Dei Monti Accellica-Licinici-Mai (circa 330 km²; Fig. 2.1.1/4), solo la parte nord-occidentale corrispondente ai Monti di Solofra ed un ristretto settore del Monte Accellica ricadono in provincia di Avellino. In tali settori sono presenti prevalentemente litotipi calcarei e dolomitici, appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale dei Monti Picentini-Taburno della piattaforma campano-lucana (BONARDI *et alii*, 1988).



7 - Monte Accellica

8 - Tratto nascente del fiume Sabato

L'intera successione carbonatica si rinviene tettonicamente sovrascorsa sull'Unità Lagonegro II, quest'ultima rappresentata localmente da calcari con selce e scisti silicei, affioranti in finestra tettonica lungo il fiume Picentino ed i torrenti Rio Secco e Capodifiume.

Le differenti sub-strutture risultano idrogeologicamente delimitate (CELICO, 1978; 1983):



9 - Catena dei Monti Mai vista dalla vetta del Monte Terminio

- a NW, lungo il margine settentrionale dei Monti di Solofra, dai poco permeabili depositi arenaceo-argillosi, appartenenti alle unità litostatigrafiche neogeniche pre e tardo orogene (Unità Irpine);
- a NE, dalla discontinuità tettonica dell'alto corso del fiume Calore che pone in contatto le dolomie del Monte Accellica con i calcari del Monte Terminio.



10 - Monti Licinici

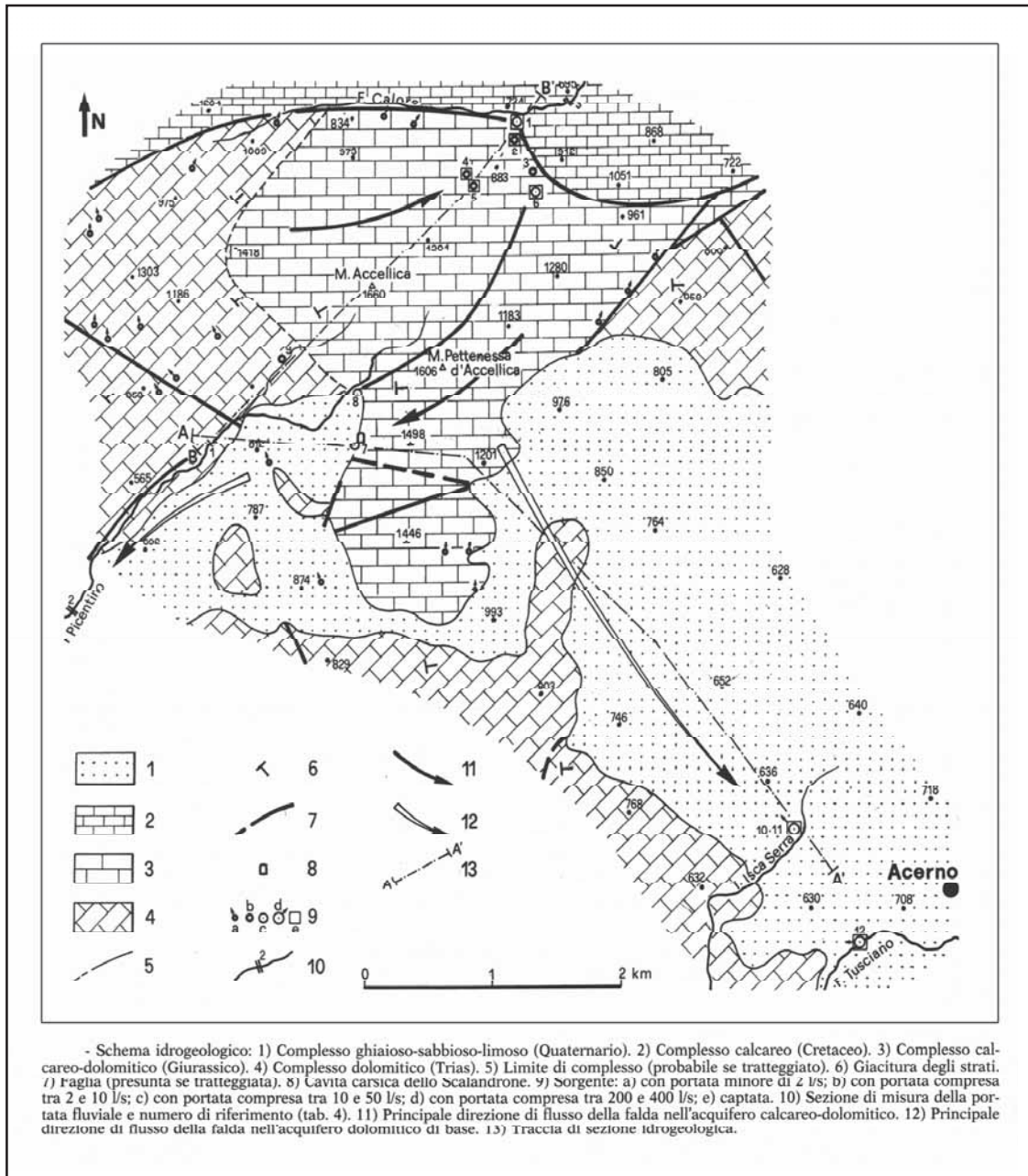


Fig. 2.1.1/4 - Schema idrogeologico del Monte Accellica (da PISCOPO *et alii*, 2001)

Anche in questo caso, se si escludono i deflussi idrici sotterranei superficiali (falde sospese e/o di alta quota) con emergenza in provincia di Avellino, le acque di infiltrazione efficace alimentano falde aventi recapiti posti al di fuori dello stesso territorio. Infatti, i Monti di Solofra non presentano recapiti sorgivi, ad eccezione di alcune sorgenti d'alta quota; la falda alimenta, mediante travasi idrici sotterranei, l'acquifero piroclastico-alluvionale dell'alta valle del Solofrana (CELICO, 1983) e, tramite questo, il vicino rilievo carbonatico dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano.

Il Monte Accellica alimenta invece le sorgenti di Acerno, il Torrente Isca la Serra ed il Fiume Tusciano, in corrispondenza dei quali si verificano copiosi

incrementi di portata in alveo (CELICO, 1978; 1983; BUDETTA & DE RISO, 1982; PISCOPO *et alii*, 1993).

Inoltre particolare interesse locale, nel Monte Accellica, riveste la presenza di importanti sorgenti d'alta quota, la cui emergenza si manifesta in modo sia concentrato, sia diffuso. L'origine di dette scaturigini, ad una quota al di sopra del flusso idrico di base, è riconducibile a motivi tettonici e/o stratigrafici presenti tra le rocce calcareo-dolomitiche affioranti e le dolomie di base (PISCOPO *et alii*, 2001).

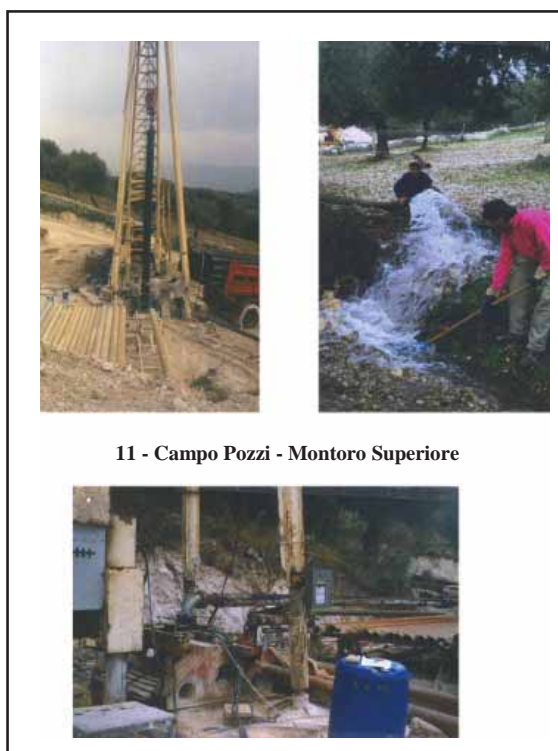
In tabella 2.1.1/3 sono riportati i dati relativi alle principali sorgenti appartenenti ai Monti Accellica-Licinici-Mai ricadenti in provincia di Avellino.

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Raio della Ferriera I	744	–		–	
Raio della Ferriera II	768	–		–	
Raio della Ferriera III	825	–	0,070	–	Tale valore è relativo alla portata media dell'intero gruppo Raio della Ferriera (I, II, III, IV, e V).
Raio della Ferriera IV-V	858	–		–	
Madonna della Neve	875	0,007	0,004	–	

Tab. 2.1.1/3 - Dati di portata delle principali sorgenti dei Monti Accellica-Licinici-Mai, ricadenti in provincia di Avellino.

Le principali sorgenti sono tutte captate tramite opere di presa a gravità.

Ulteriori captazioni, mediante pozzi, ricadono ai margini dei Monti di Solofra, nell'alto bacino del Solofrana.



Le risorse idriche sotterranee del Monte Accellica sono destinate ad uso essenzialmente potabile. Quelle afferenti ai Monti di Solofra sono principalmente destinate ad uso industriale e/o irriguo, oltre che a scopi acquedottistici.



12 - Condotto carsico
sorgente Accellica - Montella

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle caratteristiche idrogeologiche delle diverse sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Dal punto di vista chimico, la risorsa idrica sotterranea dei Monti Accellica risulta caratterizzata da una tipica facies bicarbonato-alcalina-terrosa (Fig. 2.1.1/5), in accordo con la natura della roccia-serbatoio (PISCOPO *et alii*, 2001). Le altre acque hanno temperature mediamente comprese tra 10 e 12 °C. Esistono tuttavia delle differenze in termini di mineralizzazione tra le sorgenti d'alta quota e quelle connesse con la circolazione idrica basale. Infatti, per quelle alimentate dalla falda di base (sorgenti di Acerno), si osserva una maggiore salinità (TDS è in media pari a 185 mg/l), oltre che un maggiore contenuto di solfati e cloruri.

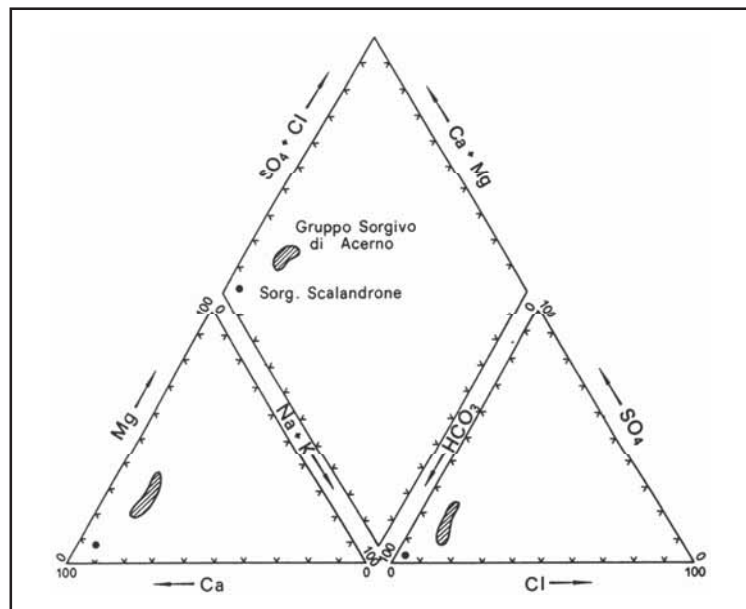


Fig. 2.1.1/5 - Diagramma di classificazione di Piper (da Piscopo *et alii*, 2001)

Analoghe differenze idrochimiche, connesse con le caratteristiche litologiche e la lunghezza dei circuiti idrici sotterranei, si osservano dai valori del rapporto rCa^{++}/rMg^{++} . Per le acque sotterranee più superficiali, circolanti nella porzione calcareo-dolomitica, si registra un valore del rapporto ionico rCa^{++}/rMg^{++} pari a 11, mentre per le sorgenti basali, il cui deflusso avviene essenzialmente in rocce dolomitiche, lo stesso rapporto ionico è compreso tra 1 e 3 (PISCOPO *et alii*, 2001).

Benché non si abbiano dati sperimentali sulla risorsa idrica sotterranea dei Monti di Solofra, è in generale possibile ipotizzare, data la natura delle rocce serbatoio e dei circuiti, analoghe caratteristiche idrochimiche.

Monte Terminio-Tuoro

Il Monte Terminio-Tuoro (circa 140 km²; Fig. 2.1.1/6) è costituito prevalentemente da calcari, calcari detritici, organogeni e calcari dolomitici del Cretaceo, nonché da dolomie triassico-giurassiche, appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale Monti Picentini-Taburno, quest'ultima derivante dalla deformazione della piattaforma campano-lucana (CIVITA, 1969; BONARDI *et alii*, 1988).

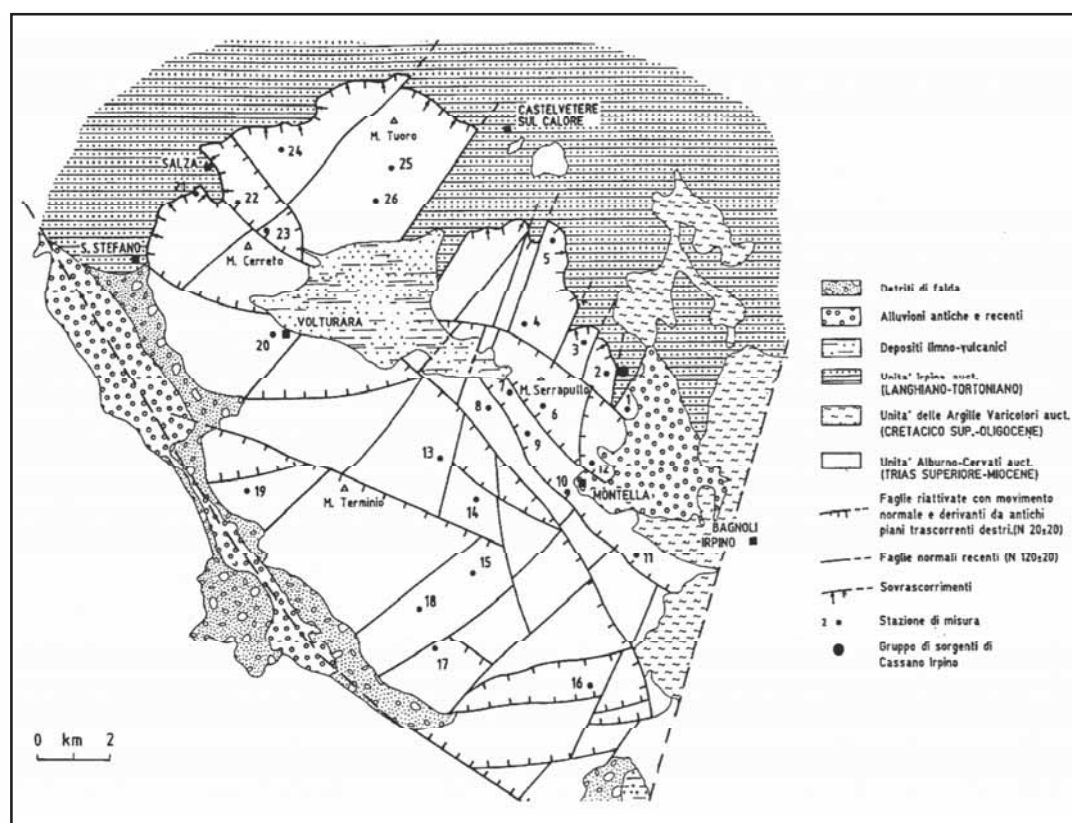
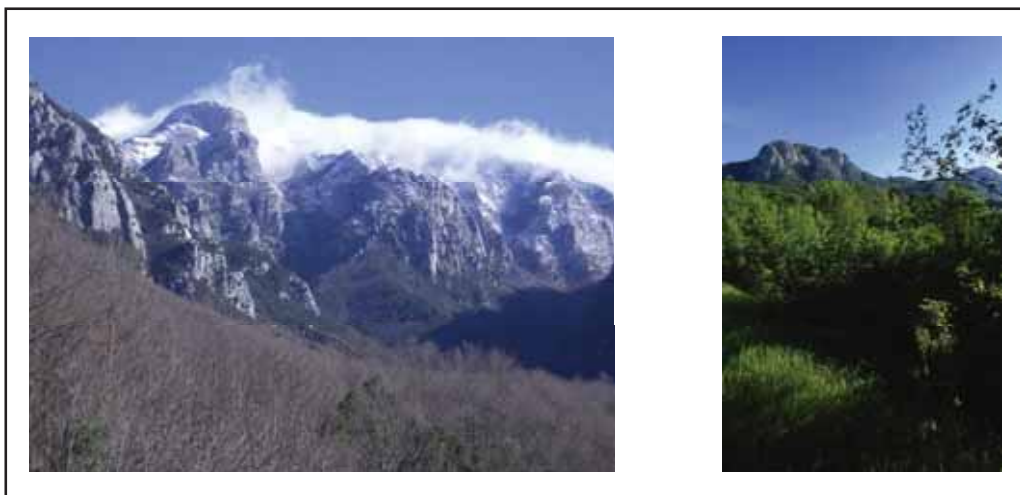


Fig. 2.1.1/6 - Schema geo-strutturale dei Monti Terminio-Tuoro (da COPPOLA & PESCATORE, 1989, mod. da COPPOLA 1990)

Ai margini del massiccio, in contatto tettonico con le rocce carbonatiche mesozoiche, affiorano le Argille Varicolori e le Unità Irpine, queste ultime rappresentate dal Flysch di Castelvete (PESCATORE *et alii*, 1969; D'ARGENIO *et alii*, 1973; COPPOLA & PESCATORE, 1989).

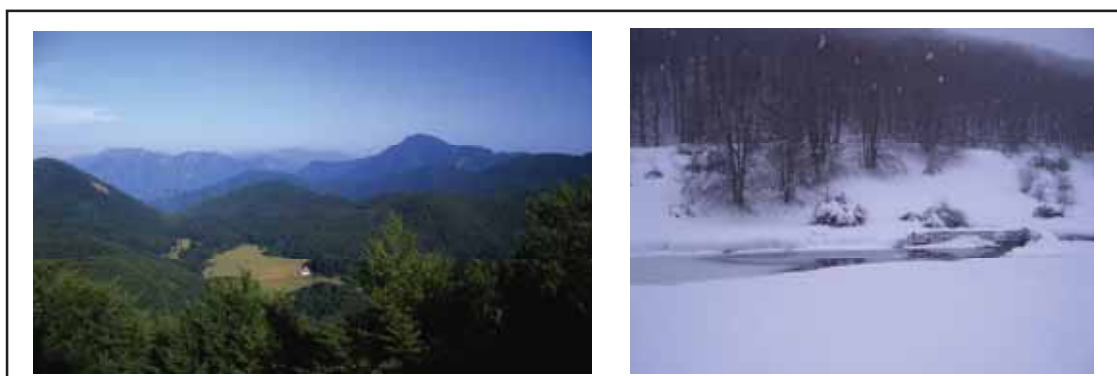


13 - Vette del Monte Terminio

14 - Vetta del Monte Tuoro

All'interno del massiccio, a S dell'abitato di Volturara Irpina, si rinvengono, tettonicamente sottoposte ai calcari affioranti, scaglie di depositi arenaceo-argilloso-marnosi (CIVITA, 1969). Scaglie di depositi terrigeni sono stati rinvenuti anche in alcuni sondaggi ubicati, sia lungo il margine meridionale della piana del Dragone (CELICO, 1988), sia nell'area tettono-carsica del piano di Verteglia (ALLOCCA, 2004).

Ampie spianate di depositi piroclastici, spesso argillificati, frammisti a materiale detritico ed a sedimenti fluvio-lacustri, caratterizzano le numerose conche endoreiche poste all'interno del massiccio carbonatico (piana del Dragone, piano di Verteglia, piano d'Ischia, Campolaspierto, Acquenere).



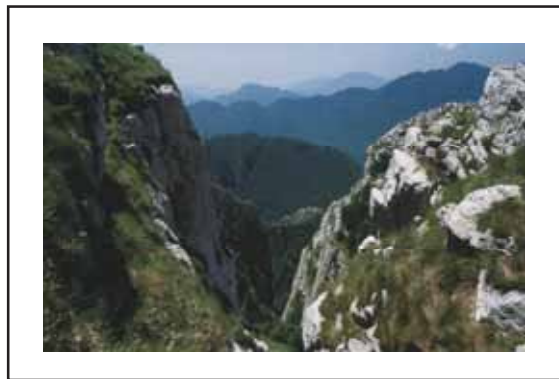
15 - Piano Acquenere - Monte Terminio

16 - Acqua della Madonna - Monte Terminio

Lungo il margine occidentale, nell'alta valle del fiume Sabato, si rinvengono ampi affioramenti di depositi detritico-alluvionali, a copertura dei sottostanti depositi arenaceo-argillosi.

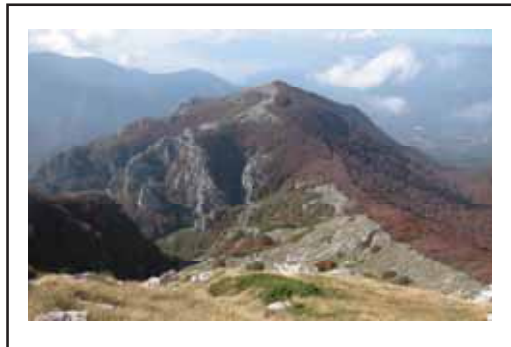
Dal punto di vista idrogeologico, il Monte Terminio-Tuoro è delimitato (CIVITA, 1969; CELICO, 1978; 1983):

-
- a N e NE, dall'accavallamento tettonico delle rocce carbonatiche sui terreni poco permeabili appartenenti alle Unità Irpine e Sicilidi;
 - a SW, dall'importante discontinuità tettonica su cui si è imposta la valle del fiume Sabato; tale discontinuità determina un completo isolamento tra il Monte Terminio e i vicini Monti di Solofra (infatti, al di sotto delle alluvioni del Sabato, le rocce carbonatiche si rinvennero in contatto laterale con i depositi argilloso-arenacei impermeabili; ESPOSITO *et alii*, 2000), ma risultano significativi gli interscambi idrici sotterranei verso l'alta valle del Sabato, laddove la falda di base interagisce con i depositi detritico-alluvionali;
 - a S, dal contatto tettonico tra le rocce prevalentemente calcaree del Monte Terminio e le rocce dolomitiche del Monte Accellica. A tale contatto, caratterizzato da un evidente contrasto di permeabilità relativa tra i diversi litotipi, si aggiunge la presenza di un locale innalzamento delle dolomie del Monte Accellica e del substrato impermeabile calcareo-silico-marnoso rappresentato dalle Unità Lagonegresi;
 - ad E, dalla discontinuità tettonica su cui si è impostato il corso del Calore Irpino, nonché dal contatto con i terreni meno permeabili appartenenti alle Unità Irpine ed alle Unità Sicilidi.



17 - Ripe della Falconara - M. Terminio

La circolazione idrica sotterranea del Monte Terminio-Tuoro è condizionata, oltre che dall'andamento plano-altimetrico della cintura impermeabile, dalla presenza di discontinuità tettoniche (sia distensive sia compressive), nonché da un fenomeno carsico particolarmente sviluppato.



18 - Monte Matruncolo



19 - Sorgente Scorzella - Montella

I recapiti principali della falda di base sono ubicati lungo il margine nord-orientale (sorgenti di Cassano Irpino e Baiardo), settentrionale (sorgenti di Sorbo Serpico-Salza Irpina) e occidentale (sorgenti di Acquaro-Pelosi ed Urcioli) del massiccio carbonatico. Inoltre, all'interno del rilievo sono presenti numerosi recapiti sorgivi posti ad alta quota, la cui portata risulta di importanza non trascurabile. Tali risorse sono particolarmente concentrate nel settore meridionale della piana del Dragone (CELICO, 1981) e nell'area tettono-carsica dei piani di Verteglia, d'Ischia, Campolaspierto, Acquenere, etc. (CALCATERRA *et alii*, 1994; ALLOCCA, 2004).

L'esistenza di dette risorse, a quota più elevata della falda di base, è connessa, oltre che con il fenomeno carsico (CALCATERRA *et alii*, 1994), con la presenza di un particolare assetto strutturale del massiccio (CELICO, 1981; ALLOCCA, 2004), di motivi litologici e di un differente grado di permeabilità relativa riscontrabile all'interno dello stesso complesso carbonatico affiorante (ALLOCCA, 2004).



20 - Sorgenti Urcioli - S. Stefano del Sole

In riferimento alla circolazione idrica sotterranea basale, è possibile riconoscere più bacini sotterranei i cui limiti, sebbene non univocamente riconosciuti (CIVITA, 1969; CELICO, 1978, 1983; COPPOLA & PESCATORE, 1989; CALCATERRA *et alii*, 1994), corrispondono a ben precisi lineamenti strutturali. Innanzitutto, la linea di

faglia che borda il settore meridionale della conca endoreica della piana del Dragone, costituisce un elemento strutturale che separa il massiccio carbonatico in due domini idrogeologici distinti (CELICO, 1978; 1983). Nella porzione settentrionale del massiccio, la falda di base alimenta le sorgenti di Sorbo Serpico-Salza Irpina e la sorgente Baiardo. Il limite tra questi due bacini sotterranei è originato dalla presenza dell'accavallamento tettonico, con andamento NE-SW, dei termini carbonatici su quelli prevalentemente argillosi ivi affioranti.

Nel settore meridionale, il complesso sistema di discontinuità tettoniche, presente lungo la congiungente Volturara Irpina-Monte Accellica, separa il bacino di alimentazione delle sorgenti Acquaro-Pelosi ed Urcioli, ad W, da quello delle sorgenti di Cassano Irpino, ad E.

Inoltre, mentre le sorgenti Acquaro-Pelosi ed Urcioli sono alimentate, oltre che dall'acquifero carbonatico, anche dalle acque di infiltrazione efficace dei depositi alluvionali della piana del Sabato, le sorgenti di Cassano Irpino sono alimentate anche dalle acque di infiltrazione secondaria che interessano l'intera conca tettono-carsica della piana del Dragone (CELICO & RUSSO, 1981; CELICO *et alii*, 1982).



21 - Sorgente Acquaro - Pelosi - Serino

Lo spartiacque sotterraneo tra i due distinti bacini è, in ogni caso, da considerarsi "aperto", in quanto, data l'estrema eterogeneità dell'acquifero fratturato e l'elevato grado di carsificazione della roccia carbonatica, sono possibili interscambi idrici sotterranei dal bacino delle sorgenti di Cassano Irpino verso quello che alimenta le sorgenti di Serino. Ulteriori recapiti della falda di base sono rappresentati da travasi idrici sotterranei verso l'alta valle del Sabato, ad W, ed il settore di piana posto a N dell'abitato di Montella, ad E.



22 - Sorgente Bagno della Regina - Cassano Irpino - Primo '900

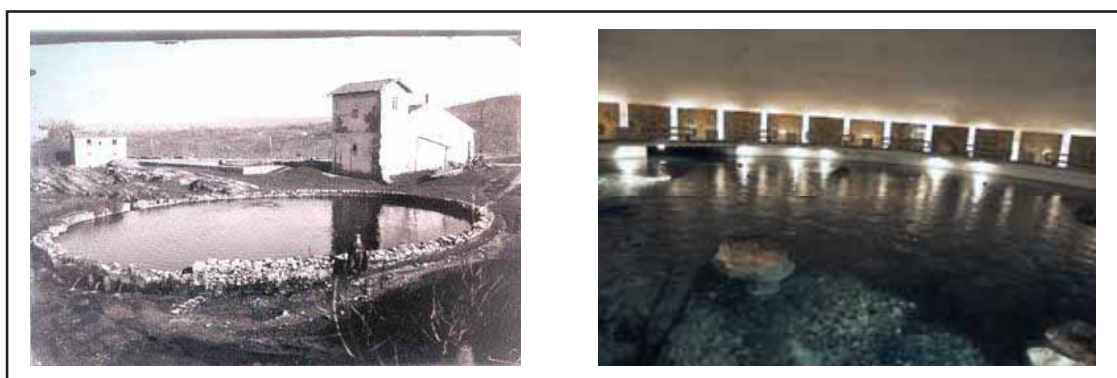
In tabella 2.1.1/4 sono riportate le principali sorgenti appartenenti al Monte Terminio-Tuoro, con i relativi valori di portata.

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Sorgenti Scorzella	983+800	–	0,36	–	Tale valore è comprensivo degli incrementi di portata in alveo lungo l'alto corso del fiume Calore.
Candraloni	1190	–	0,07	–	
Acquaro	376	1,60	1,00	0,10	Per il gruppo sorgivo di Serino esiste alimentazione da parte dei depositi alluvionali del fiume Sabato.
Pelosi	380				
Urciuoli	330	1,70	1,30	1,0	
Bagno della Regina	478				Tale valore è rappresentativo della portata media dell'intero gruppo di Cassano Irpino (Bagno della Regina, Fontana del Prete, Peschiera e Pollentina).
Fontana del Prete	475	4,80	2,5	1,7	
Peschiera	474				
Pollentina	475				
Gruppo Sorbo Serpico	462	–	0,14+0,20	–	
Sauceto Salza Irpina	486				
Baiardo	446	0,48	0,25	–	

Tab. 2.1.1/4 - Dati di portata delle principali sorgenti del Monte Terminio-Tuoro.

Le principali opere di captazione sono localizzate, sia in corrispondenza delle sorgenti, sia lontano dalle aree di emergenza naturale della falda.

Le sorgenti del gruppo di Serino, di Cassano Irpino, di Sorbo Serpico-Salza Irpina e di Baiardo, sono captate a gravità (collettori drenanti, bottini di presa, galleria drenante), come pure le diverse emergenze di alta quota (sorgente Candraloni, Scorzella, Troncone, Tronconcello) del settore meridionale del rilievo.



23 - Sorgente Pollentina - Cassano I. - Primo '900

24 - Sorgente Pollentina - Cassano I. - 2006

Nelle zone distanti dall'area di emergenza della falda, le acque sotterranee sono invece captate tramite campi pozzi localizzati, sia nel settore settentrionale (S. Stefano del Sole e Volturara Irpina) sia nel settore meridionale del massiccio (Fontana dell'Olmo).

La risorsa idrica sotterranea (la cui potenzialità è complessivamente pari a circa $190,00 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) è totalmente utilizzata (i prelievi sono complessivamente pari a $184,50 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) a scopo potabile. Essa, oltre ad approvvigionare le diverse province della Campania (Avellino, Benevento e Napoli), contribuisce a soddisfare il fabbisogno idrico della regione Puglia e di alcuni territori della Basilicata.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Dal punto di vista chimico-fisico, le acque sotterranee del Monte Terminio-Tuoro sono caratterizzate da una facies bicarbonato-calcica (AQUINO *et alii*, 2001), come risulta dal diagramma di classificazione di Piper rappresentato in figura 2.1.1/7.

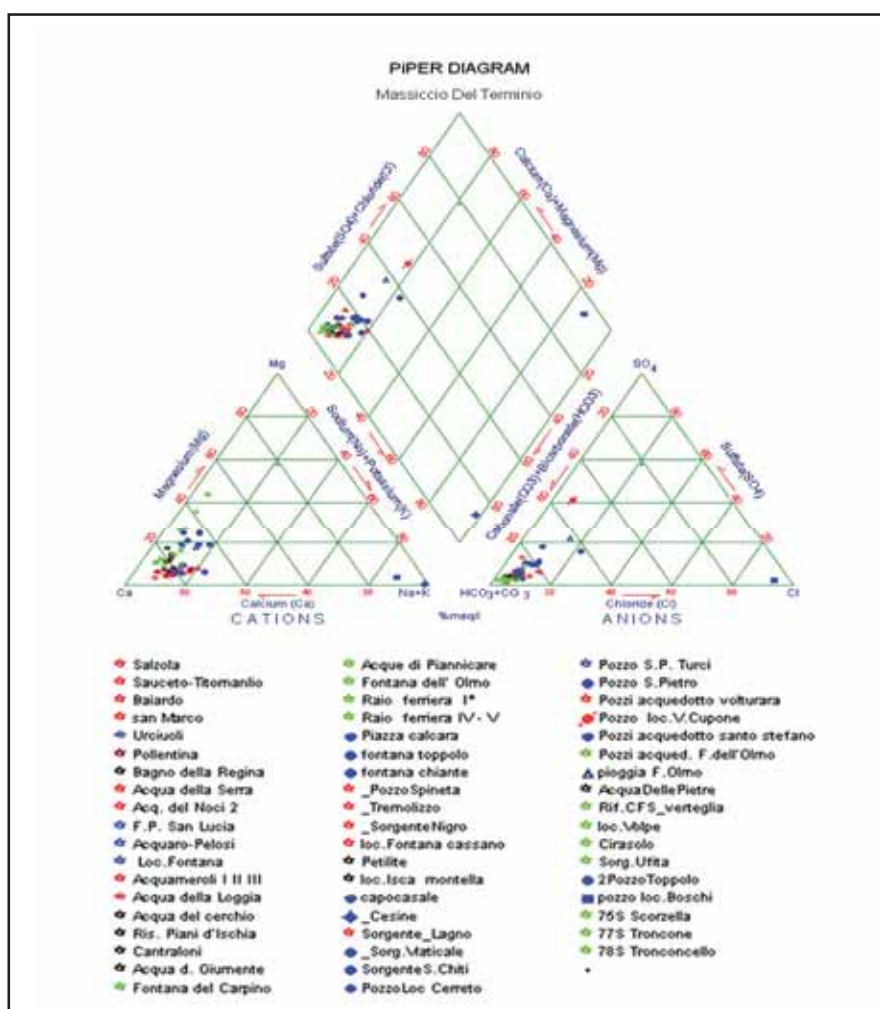


Fig. 2.1.1/7 - Diagramma di classificazione di Piper relativo alle risorse idriche sotterranee del Terminio-Tuoro (da ROMEO, 2005)

Il diagramma, ricostruito sulla base delle analisi chimico-fisiche eseguite su più di 150 punti di campionamento (Tabb. 2.1.1/5a, b e c; ROMEO, 2005), distribuiti omogeneamente sul massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro, consente di verificare che tutte le acque campionate siano classificabili come bicarbonato-alcaline ed alcalino-terrose, eccetto due punti, rappresentativi di acque prelevate da pozzi privati, ascrivibili al campo delle salso-solfato-alcaline; le caratteristiche chimiche di questi ultimi campioni non sono attribuibili ad una variazione delle condizioni geochemiche dell'acquifero alimentatore quanto, piuttosto, alla presenza, in prossimità del pozzo di campionamento, di sorgenti puntuali e/o diffuse di inquinamento antropico.



25 - Sorgente Peschiera - Cassano Irpino - Primo '900

Tabb. 2.1.1/5a, b e c - Analisi chimico-fisiche relative alle risorse idriche sotterranee del Terminio-Tuoro campionate nei mesi di maggio, giugno ed agosto del 2005 (da ROMEO, 2005)

Periodo di riferimento Maggio 05

Sorgente	Comune	Q	T° °C	PH	°dh	C. E. µS/cm	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Li mg/l	NH4 mg/l	HCO3 mg/l	F mg/l	Cl mg/l	NO3 mg/l	NO2 mg/l	SO4 mg/l	Br mg/l
Salzola	Salza Irpina	<1	13	7,2	21,9	500	14,13	15,85	2,574	83,58	0	0	280,6	0,513	16,76	8,74	0	19,253	0
Sauceto-Titomanlio	Sorbo Serpico	130	11,0	7,2	18,3	390	10,12	6,75	3,016	68,34	0	0	233,02	0,305	12,9	7,28	0	6,1785	0
Baiardo	Montemarano	280	13	7,4	17,5	386	9,424	6,542	10,45	52,83	0	0	220,14	0,337	13,05	8,81	0	8,8406	0
San Marco	Vulturara Irpina	<0,5	12	7	28,2	390	10,03	12,46	3,027	107,8	0	0	313,02	0,504	14,87	12,7	0	10,77	0
Urciuoli	Cesinali	1200	11	7,2	19,8	370	7,346	4,408	8,528	65,32	0	0	213,5	0,212	11,87	11,6	0	9,4597	0
Pollentina	Cassano Irpino	935	10	7,7	17,6	351	8,345	5,382	5,091	62,09	0	0	219,23	0,151	3,043	1,72	0	1,7172	0
Bagno della Regina	Cassano Irpino	1080	11	7,6	14,8	335	4,929	3,019	2,913	54,55	0	0	185,81	0,122	6,693	5,07	0	3,0238	0
Acqua della Serra	Vulturara Irpina	<0,5	11	7,3	38,1	710	13,22	5,191	6,524	142	0	0	430,05	0,131	8,702	0	0	35,485	0
Acqua delle Noci	Vulturara Irpina	<0,5	10	7,8	16,2	372	9,455	7,99	2,136	61,46	0	0	211,8	0,365	10,3	0,88	0	12,454	0
F.P. Santa Lucia	S. Lucia di S.	<2	12	7,3	17,1	360	8,959	7,274	1,703	65,8	0	0	213,5	0,368	15,9	5,71	0	9,7387	0
Acquaro-Pelosi	Serino	1500	11	7,3	21,2	370	6,252	3,602	12,21	64,61	0	0	237,9	0,171	10,95	7,06	0	8,8324	0
Loc. Fontana	Serino	<0,5	13	7,7	22,4	444	12,05	6,142	2,709	85,21	8E-04	0,029	248,77	0,405	32,13	9,33	0	14,331	0
Acquameroli I-II-III	Vulturara Irpina		9	7,9	17,5	377	7,222	4,962	1,997	66,72	0,002	0,029	221,8	0,305	9,807	4,55	0	9,6705	0
Acqua della Loggia	Vulturara Irpina	<0,5	7	8,2	11,9	231	3,913	2,609	0,821	46,3	0	0,043	154,8	0,098	4,006	0,23	0	3,275	0
Acqua del cerchio	Serino	<0,5	5	8,2	10,9	209	4,131	2,893	2,254	39,97	0	0,05	146,5	0,093	3,857	2,03	0	3,3118	0
Ris. Piani d'Ischia	Montella	<2	9	6,9	11,8	227	4,124	2,179	1,981	44,11	0	0,046	154,56	0,094	4,294	0,14	0	3,7587	0
Acque d. Griumente	Montella	30	8	8,1	11,9	238	6,088	3,625	2,358	43,65	0	0,038	154,94	0,107	7,755	3,21	0	3,5025	0
Fontana del carpino	Serino	<0,5	11	8	13,1	257	5,428	3,805	4,748	44,7	0	0,027	153,9	0,127	5,368	6,36	0	3,5934	0
Acqua delle Panicare	Serino	10	9	8,1	15,3	286	5,978	2,055	8,092	47,78	0	0,051	192,15	0,107	9,236	2,41	0	3,8675	0
Fontana dell' Olmo	Serino	<0,5	12	7,6	25,6	437	5,087	3,424	14,44	78,75	0	0,094	312,32	0,108	5,036	1,7	0	3,2682	0
Piazza calcara	S. Stefano d. S.	<0,5	12	7,9	17,8	491	17,97	10,95	3,13	66,06	8E-04	0,071	202,62	0,34	28,04	2,08	0	36,244	0
Fontana toppolo	S. Stefano d. S.	<1	14	6,8	35,4	821	21,75	21,08	7,854	128,8	8E-04	0,028	427	0,319	17,47	12,3	0	38,435	0
Fontana chiante	S. Michele d. S.	<0,5	13	7,1	26,4	560	9,177	6,152	15,21	80,63	8E-04	0,268	307,4	0,264	10,18	8,99	0	32,793	0
Pioggia Toppolo	S. Stefano d. S.		22	6,9	1,42	50	2,812	2,466	0,762	4,436	2E-04	1,429	22,4	0,037	1,996	1,94	0	5,8768	0

Periodo di riferimento Giugno 05

Sorgente	Comune	Q	T°	PH	°dh	C. E.	Na	K	Mg	Ca	Li	NH4	HCO3	F	Cl	NO3	NO2	SO4	Br
		l/s	°C			µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Salzola	Salza Irpina	<1	14	7,4	19,9	371	10,08	7,551	2,666	75,45	0,006	0,04	231,8	0,372	23,42	9,95	0	12,383	0
Sauceto-Titomanlio	Sorbo Serpico	130	12	7,6	17,1	332	9,594	6,64	3,433	62,83	0,002	0,026	222,65	0	11,54	5,02	0	5,8633	0
Baiardo	Montemarano	280	14	6,9	17,5	324	9,001	5,741	11,43	51,38	0,005	0,033	219,6	0	17,53	4,44	0	7,4582	0
San Marco	Vulturara Irpina	<0,5	15	7,2	27,5	479	10,61	12,35	3,974	103,7	0	0,111	320,6	0,446	11,73	4,47	0	8,618	0
Urciuoli	Cesinali	2000	12	7,5	20,8	343	7,941	5,305	10,09	66,7	0,002	0,06	232,2	0	9,904	6,9	0	8,7665	0
Pollentina	Cassano Irpino	930	10	7,7	18,7	297	6,4	4,383	5,987	64,99	8E-04	0,021	222,6	0	11,89	3,33	0	4,1446	0
Bagno della Regina	Cassano Irpino	1450	11	7,5	16,1	280	5,127	3,2	4,508	56,88	0	0,024	201,3	0	6,994	3,79	0	3,3573	0
Acqua della Serra	Vulturara Irpina	<0,5	18	7,3	37,6	316	13,75	4,365	10,81	132,8	0,013	0,029	420,9	0,257	14,26	0	0	49,088	0
Acque delle Noci	Vulturara Irpina	<0,5	14	7,6	17,1	340	9,357	7,782	2,781	64,05	0,002	0,033	225,7	0	8,267	0	0	12,226	0
F.P. Santa Lucia	S. Lucia di S.	<2	13	7,6	15,5	319	8,052	6,718	1,97	58,79	0	0,038	204,2	0,277	11,99	3,25	0	6,6762	0
Acquaro-Pelosi	Serino	1100	12	7,5	19,6	336	5,155	3,049	13,6	56,14	0	0,003	232,65	0	7,611	2,56	0	5,3439	0
Loc. Fontana	Serino	<0,5	16	6,9	23,3	453	12,27	6,319	2,88	88,54	0,002	0,008	298,54	0,337	14,13	0,09	0	13,563	0
Acquameroi I-II-III	Vulturara Irpina		12	7,6	17,9	352	7,768	5,147	2,034	68,38	0,001	0,016	234,9	0	7,688	0,83	0	8,0635	0
Acqua della Loggia	Vulturara Irpina	<0,5	16	6,9	12,7	235	4,07	2,71	0,987	49,18	0	0,012	153,24	0	5,244	0	0	0	0
Acqua del cerchio	Serino	<0,5	7	7,8	12,9	235	4,491	3,144	2,333	47,76	0,003	0,049	150,6	0,105	3,554	0,49	0	4,4879	0
Ris. Piani d'Ischia	Montella	<2	8	8,1	12,5	230	3,852	2,021	1,881	46,81	0	0,04	150,94	0,114	3,596	6,91	0	4,394	0
Candratoni	Montella	100	7	7,9	12,9	257	5,381	4,198	2,109	48,15	5E-04	0,037	154,7	0,208	5,67	3,54	0	4,3098	0
Acqua d. Giumente	Montella	30	12	8,1	13	254	6,229	3,86	2,655	47,87	0	0,129	153,72	0,138	7,688	10,5	0	4,1276	0
Fontana del carpino	Serino	<0,5	11	7,8	13,6	252	5,493	3,756	5,769	45,06	0	0,035	172,02	0,156	4,706	1,51	0	4,1552	0
Acqua delle Panicare	Serino	10	9	8,1	16	292	6,674	2,29	7,941	51,06	0	0,091	187,88	0,125	9,517	5,29	0	4,6847	0
Fontana dell' Olmo	Serino	<0,5	14	7,4	27,1	458	5,186	3,61	17,88	78,97	0	0,091	321,23	0,121	4,04	2,65	0	4,2057	0
Raio ferriera I	Montella	48	8	6,9	14,1	246	3,562	1,215	4,263	49,5	0	0,032	180,8	0,049	3,924	2,4	0	3,9453	0
Raio ferriera IV - V	Montella	13	8	6,9	15,9	276	3,676	1,306	4,111	57	0	0,087	202,52	0,057	3,804	2,21	0	4,1263	0
Piazza calcara	S. Stefano d. S.	<0,5	16	7,7	18	397	18,82	10,01	3,611	66,08	0	0,028	182,2	0,543	37,85	8,42	0	36,556	0
Fontana toppolo	S. Stefano d. S.	<1	15	7	37,7	706	17,53	20,16	9,896	134,7	0,001	0,011	423,95	0,485	27,41	41,7	0	39,334	0
Fontana chiante	S. Michele d. S.	<0,5	13	6,9	24,9	452	22,04	6,286	14,08	76,54	0	0,004	304,32	0,249	13,45	29,8	0	30,891	0

Agosto 05

Sorgente	Comune	Q	T° °C	PH	°dh	C.E. µS/cm	Na mg/l	K mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Li mg/l	NH4 mg/l	HCO3 mg/l	F mg/l	Cl mg/l	NO3 mg/l	NO2 mg/l	SO4 mg/l	Br mg/l
Pozzo Spineta	Cassano Irpino	dom.	20	6,7	35,4	611	11,96	4,859	5,252	133,2	0,007	0,074	407,48	0,435	21,72	7,86	0	18,449	0
Tremolizzo	Cassano Irpino	<0,5	15	7	20,2	377	9,403	4,569	2,318	77,13	0,006	0,071	254,98	0,251	10,71	2,48	0	13,288	0
Sorgente Nigro	Cassano Irpino	<0,5	14,2	7	14,7	366	12,39	8,691	3,235	53,71	0,004	0,127	188,86	0,557	18,42	2,01	0	10,591	0
Loc. Fontana	Cassano Irpino	<0,5	11	7,1	18	368	9,918	5,492	1,953	68,96	0,001	0,023	231,8	0,446	13,14	0	0	10,94	0
Petilite	Montella	<1	11	7,5	20,8	357	4,139	3,232	8,966	68,36	5E-04	0,238	235,46	0,09	7,698	2,19	0	5,5313	0
Loc. Isca	Montella	<0,1	15	7,5	32,3	544	13,39	4,161	9,403	114	0,007	0,171	378,81	0,318	19,65	0	0	12,301	0
Capocasale	S. Stefano d. S.	<5	14	7,1	30,6	573	17,61	14,09	5,132	114,1	0,001	0,018	340,38	0,527	26,14	20	0	32,272	0
Cesine	S. Stefano d. S.	dom.	15	8,9	1,08	988	284,8	1,859	0,794	3,023	0,054	0,114	695,4	0,633	27,35	0	0	41,718	0
Sorgente-Lagno	Salza Irpina	28	16	7,4	18,4	345	9,171	6,188	2,602	69,31	0,001	0,051	219,6	4E-04	14,47	6,7	0	4,8927	0
Sorgente Viaticale	S. Michele d. S.	<1	14	6,8	22	408	9,515	7,554	14,97	63,32	0	0,017	244	0,435	13,02	17,2	0	24,253	0
Sorgente S. Chiti	S. Michele d. S.	<0,5	12	7,2	22,3	360	5,621	3,162	14,3	65,63	0	0,13	247,05	0,153	10,78	9,67	0	12,956	0
Pozzo Loc. Cerreto	S. Stefano d. S.	dom.	15	7,3	31,5	542	11,06	9,291	17,74	96,97	0,002	0,042	286,7	0,402	18,55	52,7	0	55,189	0
Pozzo S. P. Turci	S. Lucia di S.	dom.	15	7,4	22,7	394	7,888	4,993	11,25	72,28	0,005	0,049	268,4	0,202	13,57	11,8	0	16,897	0
Pozzo S. Pietro	S. Stefano d. S.	dom.	14	7	29,5	575	21,28	13,9	6,465	107,6	0,002	0,038	357,46	0,995	28,01	3,17	0	40,979	0
Pozzi acquedotto	Volturara	50	11	6,9	17,9	360	7,894	6,126	1,718	69,02	0	0,021	219,6	0,123	9,156	8,6	0	4,3061	0
Pozzo loc. V. Cupone	Volturara	dom.	13	6,8	31	655	17,42	23,09	6,238	113,9	0,002	0,023	170,15	0,38	12,69	168	0	106,74	0
Pozzi acquedotto	S. Stefano d. S.	50	15	7,3	17	316	10,22	5,65	9,189	53,05	0,003	0,119	199,47	0,342	12,36	3,53	0	5,4854	0
Pozzi acqued. F. dell'Olimo	Serino	150	12	7,2	21	340	4,682	2,367	18,93	52,73	3E-04	0,16	240,95	0,115	7,714	0,97	0	3,7645	0
Poggia F. dell'Olimo	Serino		23	7	3,07	72	1,406	1,622	1,565	9,723	1E-04	0,091	17,08	0,025	2,434	17,4	0	4,7061	0
Candraloni	Montella	100	8	7	14	255	5,993	4,274	2,687	51,72	0,001	0,079	170,8	0,176	9,565	1,99	0	3,538	0
Acqua delle Pietre	Montella	<1	9	7	13,7	237	4,518	2,755	4,966	46,84	3E-04	0,114	158,6	0,057	7,561	1,77	0	3,0048	0
Rif. C.F.S. - Verteglia	Montella	<0,5	12	7,1	14,9	249	5,098	2,627	3,429	53,87	0	0,134	173,85	0,105	6,999	0	0	3,9037	0
Loc. Volpe	Giffoni V.P.	<1	12	6,6	20,3	320	4,819	3,068	14,1	57,99	3E-04	1,14	234,85	0,118	7,501	0,63	0	0	0
Cirasolo	Serino	<5	17	6,7	24,6	376	5,629	2,622	27,39	53,35	0	0,06	281,45	0,143	9,38	0,72	0	4,4546	0
Sorg. Ufita	Serino	<1	16	5,7	26,5	496	13,43	11,69	6,737	95,06	8E-04	0,063	298,9	0,342	15,67	19,5	0	23,748	0
Pozzo Toppolo	S. Stefano d. S.	dom.	16	6,6	38,5	680	18,25	14,63	7,347	142,1	0,005	0,143	408,7	0,467	27,36	29,7	0	39,397	0
Pozzo loc. Boschi	S. Stefano d. S.	dom.	15	5,8	76	>3999	2403	28,71	56,09	211,8	0,09	0	414,8	0,553	4218	0,98	0	146,83	0
Scorzella	Montella	34	8	8	14,9	253	5,28	3,528	5,449	50,57	0	0,244	183	0,123	10,07	1,72	0	3,2947	0
Troncone	Montella	12	10	8,1	15,1	254	4,558	2,3	4,597	52,7	0	0,066	185,44	0,079	5,414	1,55	0	2,783	0
Tronconcello	Montella	5	10	7,7	20,2	262	4,033	1,737	5,054	72,52	0	0,036	230,2	0,052	5,798	0,73	0	2,4856	0

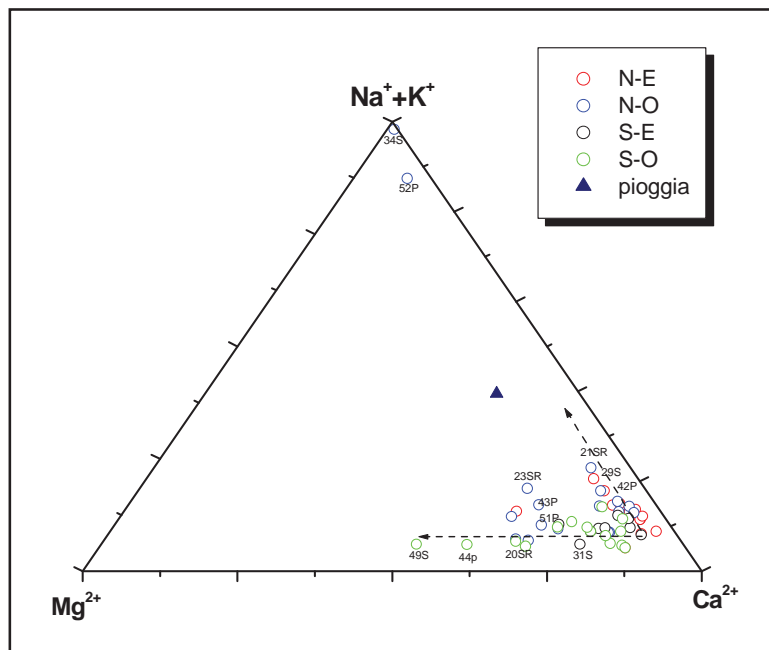


Fig. 2.1.1/8 - Diagramma ternario riferito ai cationi maggiori in relazione all'esposizione del versante (da ROMEO, 2005)

Anche se le sorgenti alimentate dalla falda di base conservano lo stesso tipo di facies idrochimica (quella bicarbonato-calcica), è possibile riscontrare alcune differenziazioni.

La sorgente Baiardo, ad esempio, è caratterizzata da un maggiore contenuto di ioni alcalini (Na e K), riconducibile in parte al fenomeno di lisciviazione dei terreni flyschoidi con cui le acque sotterranee vengono a contatto nella zona di emergenza. Interessanti sono, in tal senso, i risultati del diagramma ternario “cationi maggiori esposizione del versante” (Fig. 2.1.1/8) che mostra l'arricchimento in sodio e potassio riscontrabile per i punti di campionamento in corrispondenza del versante nord-orientale del massiccio.

La presenza dei suddetti elementi anche nelle acque sorgive di Acquaro-Pelosi è legata, invece, all'interazione tra le acque sotterranee e i livelli limo-argillosi presenti nella successione alluvionale dell'alta valle del Sabato.

Le sorgenti del gruppo Cassano Irpino presentano anch'esse una sostanziale affinità idrochimica con acque bicarbonato-calciche, sia pure con qualche variazione in termini di chimismo, dovuta probabilmente alle diverse condizioni locali di emergenza delle acque sotterranee (CORNIELLO, 1996).

Le acque sotterranee prelevate dai vari campi pozzi (Fontana dell'Olmo, S. Stefano del Sole e Volturara Irpina) presentano un profilo idrochimico assai simile a quello delle sorgenti. In qualche caso, i più bassi valori di Ca e HCO_3 sono dovuti al fatto che gli stessi punti di prelievo risultano ubicati a qualche kilometro di distanza dalla zona di emergenza

naturale delle acque sotterranee, ossia in zone dove la falda, a parità di altre condizioni, risulta naturalmente meno mineralizzata.

Per quanto attiene alle caratteristiche qualitative delle acque sotterranee, sempre con riferimento allo studio di cui sopra (ROMEO, 2005), si sottolinea che i campioni esaminati rientrano tutti nei parametri di legge delle acque ad uso potabile, ad esclusione dei due pozzi ascrivibili alla facies salso-solfato-alcalina. Le acque prelevate, infatti, possono essere classificate come oligo-medio-minerali. In considerazione dell'anzidetta variabilità del grado di mineralizzazione delle acque con la quota topografica si osserva, inoltre, un incremento della durezza totale al decrescere dell'altezza di prelievo (Fig. 2.1.1/9).

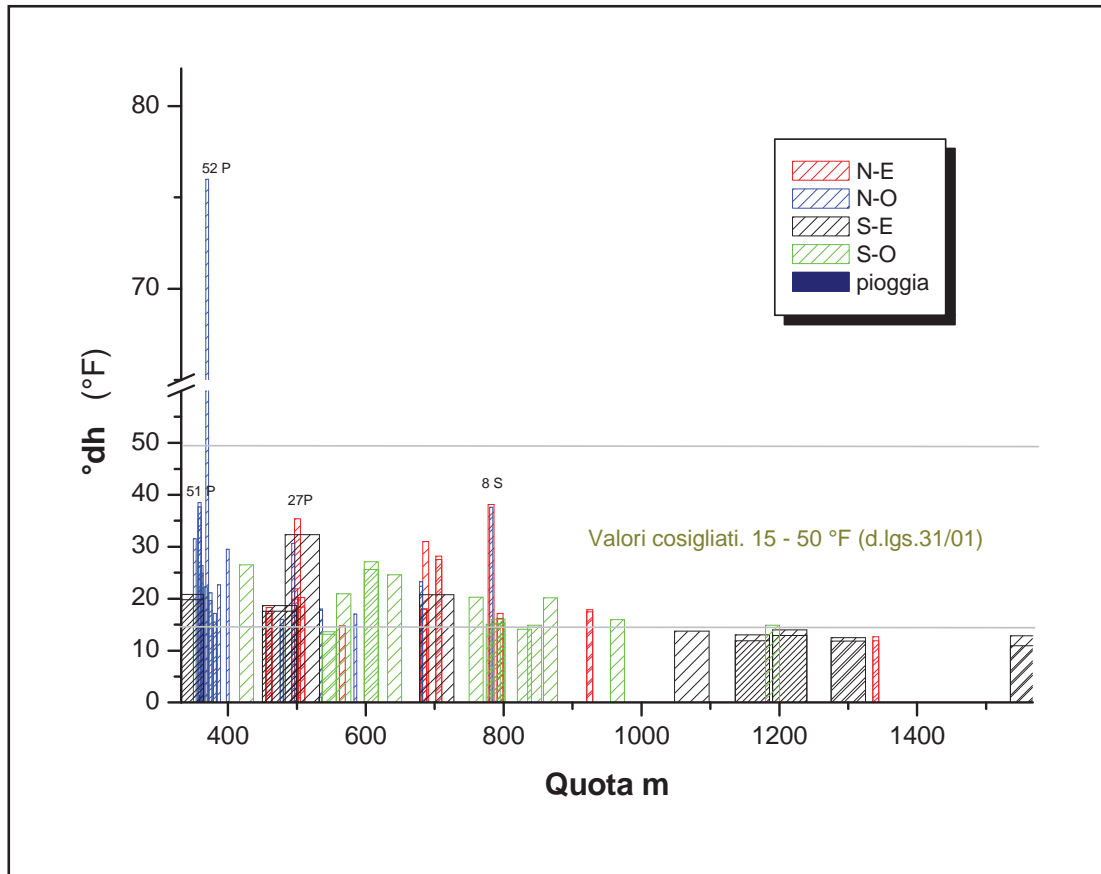


Fig. 2.1.1/9 - Diagramma durezza totale (da ROMEO, 2005)

Recenti ricerche di carattere microbiologico (ESPOSITO, 2001), eseguite sulle acque delle sorgenti di Serino, hanno accertato la presenza di un buono stato qualitativo delle acque. Tuttavia permangono seri rischi di inquinamento, soprattutto se si considerano le particolari condizioni antropiche esistenti a monte dell'area sorgiva e le possibili interazioni tra le sorgenti, la falda di piana e le acque superficiali del fiume Sabato.



26 - Sorgente Acqua delle Giumente
(Risorgenza Acqua della Madonna) - Montella

Data la presenza di circuiti relativamente più brevi e veloci, le sorgenti d'alta quota (Candraloni, Scorzella, Troncone, Tronconcello, Acqua delle Giumente, etc.) presentano un minore grado di mineralizzazione (TDS compreso tra 203 e 214 mg/l), rispetto alle sorgenti basali (TDS variabile da 220 a 275 mg/l) e valori relativamente più bassi di temperatura, variabili tra 6,5 e 8,5 °C (CALCATERRA *et alii*, 1994). In particolare, per alcune sorgenti d'alta quota poste nei dintorni di Verteglia (CALCATERRA *et alii*, 1994; ALLOCCA, 2004), la conducibilità elettrica è risultata variabile da 170 a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, in accordo con la presenza di circuiti idrici sotterranei veloci e tempi di contatto acqua-roccia particolarmente ridotti.

A tale proposito è interessante anche analizzare le informazioni fornite dal diagramma ternario “anioni maggiori-altezza topografica del punto di campionamento”

(Fig. 2.1.1/10), che mostra come, in accordo con i diversi tempi di interazione tra acqua e roccia serbatoio, le concentrazioni di cloruri e solfati tendano ad aumentare al diminuire della quota topografica.

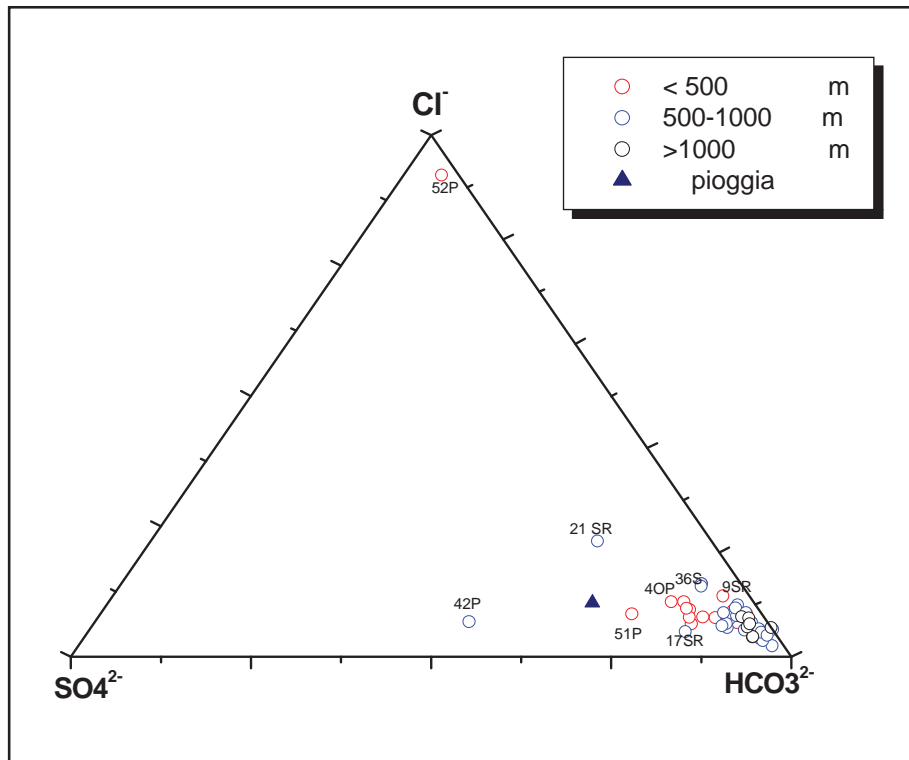


Fig. 2.1.1/10 - Diagramma ternario anioni maggiori in base all'altezza (da ROMEO, 2005)

Il rapporto rMg/rCa è in genere minore di 0,47. Inoltre, l'arricchimento in ioni alcalini riscontrabile nella sorgente Candraloni è ascrivibile al fenomeno di lisciviazione dei depositi piroclastici che colmano l'ampia conca endoreica del piano d'Ischia, posta in comunicazione con la stessa scaturigine.

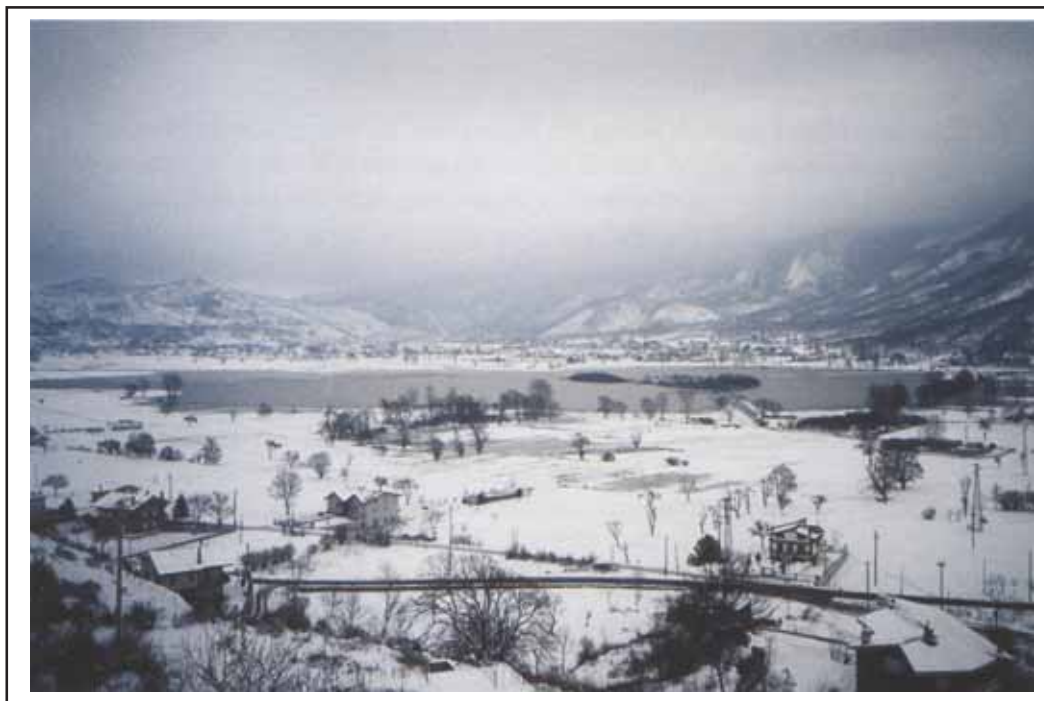
La presenza di attività di pascolo, anche se a carattere stagionale, comporta, per diverse sorgenti ricadenti nel settore di Verteglia, un articolato e complesso fenomeno di contaminazione microbica, di origine fecale; fenomeno che risulta di entità estremamente variabile nel corso dell'anno idrologico ed influenzato, amplificato ed inibito da diversi fattori idrogeologici ed ambientali locali (ALLOCCA, 2004).

La piana del Dragone

La Piana del Dragone rappresenta un'altra interessante area a deflusso endoreico, in ambiente carbonatico, dell'Appennino meridionale. All'interno del bacino endoreico (circa 60 km²; Fig. 2.1.1/11) affiorano, oltre i litotipi calcarei, i depositi argillosi, i depositi detritico-alluvionali e fluvio-lacustri, questi ultimi tutti di origine piroclastica.



27 - Panoramica della Piana del Dragone - Volturara Irpina



28 - La Piana del Dragone in veste invernale - Volturara Irpina

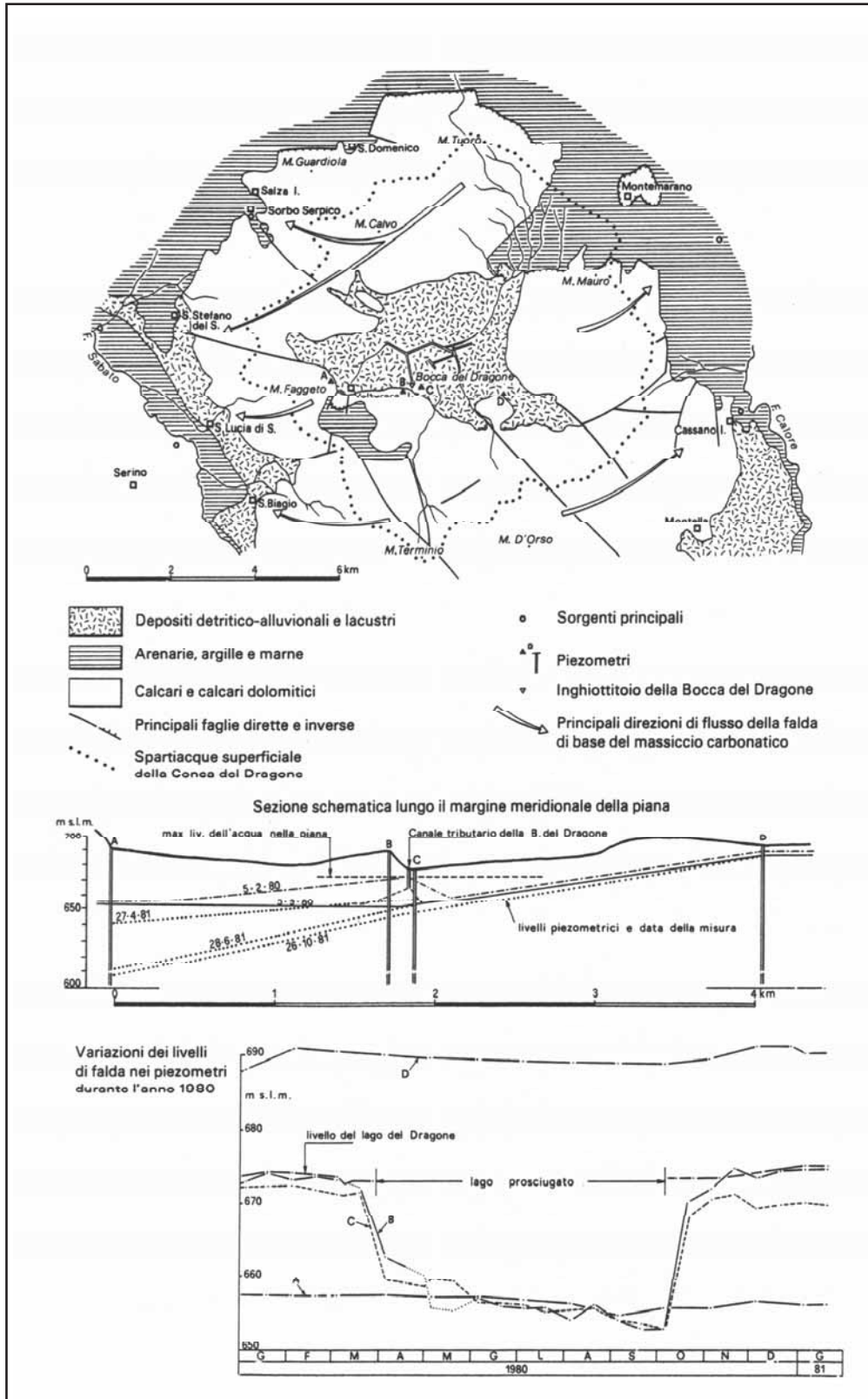


Fig. 2.1.1/11 - Schema idrogeologico della Piana del Dragone e correlazione tra il livello del "lago" ed i livelli della falda misurata nei piezometri (da CELICO & RUSSO, 1981, modificato)

Le acque di ruscellamento superficiale, ricadenti nell'ambito del bacino endoreico, vengono smaltite dall'inghiottitoio Bocca del Dragone, ubicato in corrispondenza del margine meridionale della piana. Tramite canalizzazioni carsiche raggiungono, come recapito ultimo, le sorgenti di Cassano Irpino.



29 - Alluvione della Piana del Dragone - Febbraio 2006

30 - Inghiottitoio Piana del Dragone

La formazione di un lago stagionale, nell'area di piana della conca del Dragone più prossima all'inghiottitoio, è connessa con la presenza di un sistema carsico avente limitata capacità di assorbimento, insufficiente a smaltire l'intero volume d'acqua (in media, $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) affluente verso l'inghiottitoio (CELICO & RUSSO, 1981). A tale volume, corrispondente alle aliquote di ruscellamento superficiale, andrebbero inoltre aggiunti i volumi idrici sotterranei della falda circolante nei depositi piroclastici di piana ed il volume di acque reflue derivante dal sistema fognario di Volturara Irpina.

Prove con traccianti (CELICO *et alii*, 1982), effettuate con l'utilizzo di fluoresceina, hanno confermato l'esistenza di un collegamento tra l'inghiottitoio e le sorgenti di Cassano Irpino. Il tracciante, immesso in corrispondenza della Bocca del Dragone, è stato rinvenuto, entro i primi otto giorni, alle sorgenti di Cassano Irpino.

Nessun tracciante è stato invece rilevato alle sorgenti di Serino. Tale risultato ha indirettamente confermato la difficoltà di deflusso delle acque di infiltrazione secondaria verso queste ultime sorgenti, riconducibile alla presenza di discontinuità tettoniche, poste ai margini della piana del Dragone che ostacolano il naturale deflusso delle acque verso W.

Data la complessità idrogeologica e lo scenario antropico locale si può dunque affermare che le sorgenti di Cassano Irpino sono soggette ad un elevato rischio di inquinamento (CELICO *et alii*, 1982; GALASSO *et alii*, 1991). Il fatto che non si siano manifestati, fino ad oggi, fenomeni di contaminazione è evidentemente dovuto all'elevato ruolo di diluizione esercitato dalla falda di base.

L'estrema eterogeneità della roccia fratturata e carsificata implica che gli stessi fenomeni di contaminazione connessi con la piana del Dragone possano interessare, data la ridotta distanza dall'inghiottitoio, il vicino campo pozzi di Volturara Irpina (GALASSO *et alii*, 1991), soprattutto quando quest'ultimo è in fase di esercizio.

In ogni caso, eventuali interventi finalizzati alla salvaguardia qualitativa delle acque sotterranee devono tener conto che l'alimentazione secondaria derivante dal sistema carsico della conca del Dragone contribuisce per circa il 15% alla potenzialità globale della risorsa.

Pertanto, il semplice intervento di allontanamento totale delle acque dalla piana inciderebbe sensibilmente sul rendimento delle sorgenti di base.

La sorgente Baiardo

La sorgente Baiardo è un tipo di scaturigine che sfugge ad ogni tentativo di classificazione per la sua origine e le sue peculiari caratteristiche. Essa, infatti, non rappresenta un'emergenza naturale, ma scaturisce in sotterraneo, all'interno di una galleria (NICOTERA & AQUINO, 1995).



31 - Tratto drenante della sorgente Baiardo
Montemarano

32 - Emergenza della sorgente Baiardo nella
galleria Enel prima della captazione

Il suo rinvenimento risale agli anni '30, durante i lavori di scavo della galleria eseguita per conto della Società Meridionale del Sannio (diventata successivamente Società Meridionale di Elettricità e poi ancora ENEL), al fine di derivare, a scopo idroelettrico, parte delle acque superficiali del fiume Calore Irpino.

Durante i lavori di scavo sono state intercettate, ad una quota di circa 466 m s.l.m., alcune scaglie tettoniche collegate alla restante idrostruttura, sepolte sotto la copertura flyschoide ivi affiorante.

L'intercettazione di dette scaglie ha provocato la fuoriuscita in pressione di acque sotterranee (per una portata di diverse centinaia di l/s) circolanti prevalentemente nel substrato carbonatico e, solo in parte, nei depositi flyschoidi di copertura. Detti quantitativi idrici sono stati per la prima volta catalogati, negli Annali del SIMN, sotto il nome di sorgente Beardo. Successivamente, nel 1987, la sua denominazione è stata ufficialmente rettificata con il termine Baiardo.

L'intervento di captazione realizzato è consistito nella costruzione di una seconda galleria (parallela e distante circa 50 m da quella realizzata dall'ENEL negli anni '30) ad una quota più bassa di circa 20 m, in modo da drenare le acque nel nuovo scavo.

Tale opera di captazione, attualmente gestita dall'Alto Calore Servizi S.p.A., è entrata in esercizio nel 1989; le portate erogate sono variate tra un minimo di 0,18 m³/s ed un massimo di 0,48 m³/s.

Sotto il profilo più strettamente gestionale, tale opera di captazione, dotata di sistema di autoregolazione, consente, nel rispetto degli equilibri idrogeologici naturali, un uso razionale ed efficace delle acque sotterranee (Figg. 2.1.1/12 a e b).

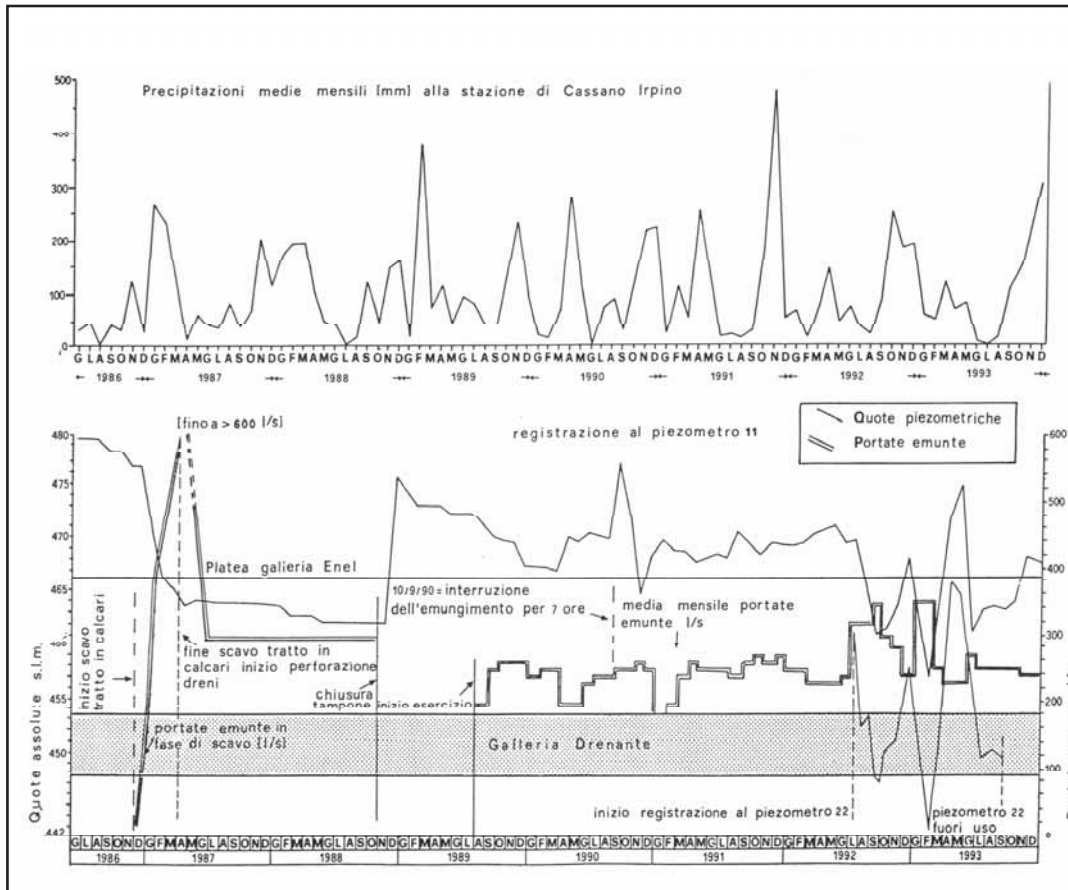


Fig. 2.1.1/12a - Galleria di captazione della Baiardo: registrazione del livello di falda ai piezometri 11 e 22 dal giugno 1986 al dicembre 1993; portate emunte nella fase di scavo dell'acquifero e dall'inizio dell'esercizio a tutto il 1993; precipitazioni medie mensili registrate alla stazione di Cassano Irpino (NICOTERA & AQUINO, 1995)

Con tale sistema è infatti possibile, entro certi limiti, utilizzare l'acquifero come *serbatoio naturale di compenso*, consentendo di erogare esclusivamente i volumi idrici necessari per sopperire alle richieste dell'utenza (Fig. 2.1.1/12b).

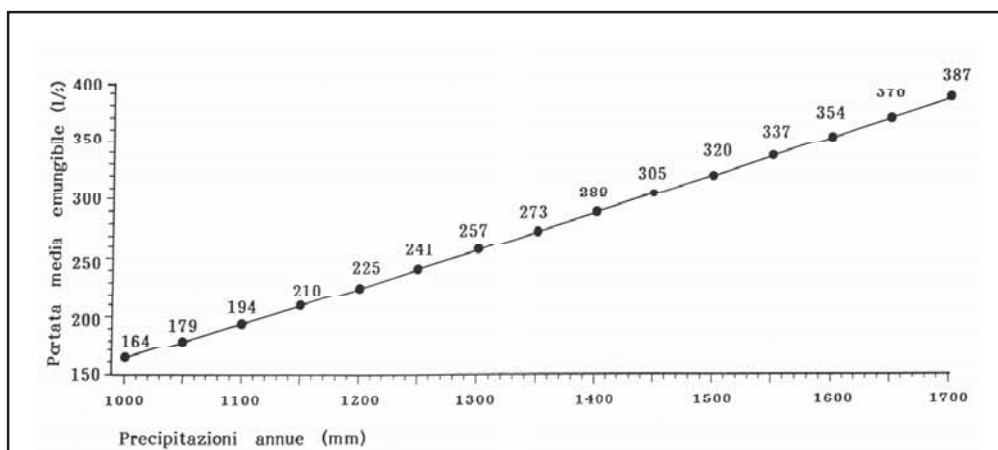


Fig. 2.1.1/12b - Diagramma di riferimento per uno sfruttamento razionale ed equilibrato dell'acquifero alimentante la Baiardo in rapporto alle precipitazioni annue registrate alla stazione di Cassano Irpino, sono indicate le portate medie entro le quali contenere gli emungimenti per non cadere in un eccesso di sfruttamento (NICOTERA & AQUINO, 1995)

Effetti indotti dal terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle sorgenti di Cassano Irpino e Serino

E' noto che in occasione del terremoto del 23 novembre 1980, sono stati registrati, in corrispondenza delle sorgenti di Cassano Irpino e Serino, importanti incrementi della portata sorgiva (CELICO, 1981; 1983).

Come è possibile evidenziare dal grafico (Fig. 2.1.1/13, caso a), il primo tratto della risalita dell'idrogramma delle sorgenti di Cassano Irpino, anticipata rispetto alla data del sisma, è in gran parte legata alle precipitazioni invernali.

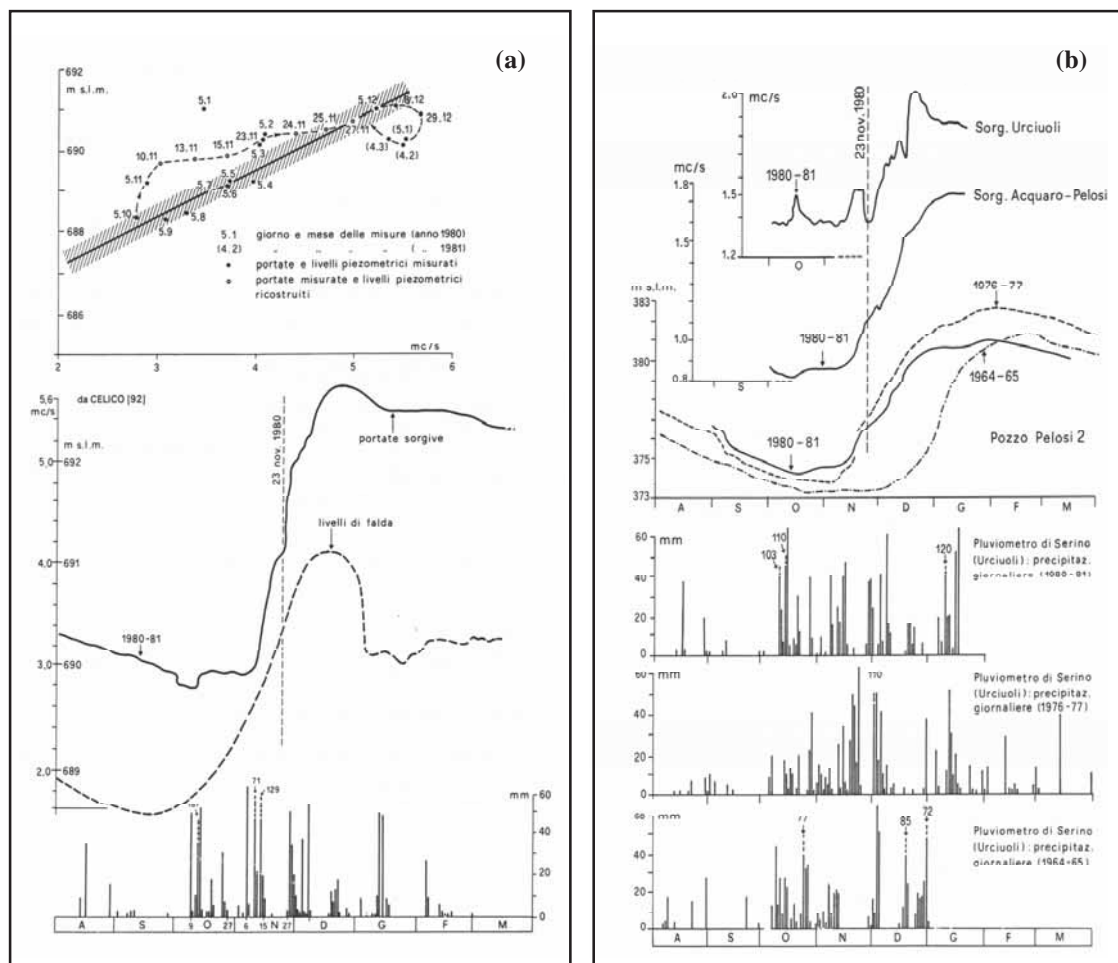


Fig. 2.1.1/13 - Correlazione tra le precipitazioni e le portate cumulate delle sorgenti di Cassano Irpino (a) e le portate delle sorgenti di Urciuoli e Acquaro-Pelosi (b) (da CELICO, 1981; 1983).

Invece, il tratto di curva compreso tra i giorni 23 e 27 novembre 1980 è chiaramente influenzato dagli effetti del terremoto. Quanto osservato per le sorgenti di Cassano Irpino risulta confermato anche dall'analisi del regime delle sorgenti di Serino (Fig. 2.1.1/13, caso b).

Attraverso l'analisi dell'idrogramma dell'anno 1980÷1981 delle sorgenti di Cassano Irpino, è stato anche possibile ricostruire, per i primi mesi successivi al terremoto (CELICO, 1981), il probabile andamento delle portate (in assenza di perturbazioni). Ciò ha consentito di calcolare, per differenza tra le portate misurate e quelle ricostruite, il volume di acqua

(pari a circa $10 \times 10^6 \text{ m}^3$) che, nel mese di marzo del 1981, è defluito in più dalle sorgenti per effetto del terremoto.

La stessa fenomenologia è stata riscontrata anche in molte altre sorgenti della Campania centrale interessate dal sisma (CELICO, 1981; 1983).

Monte Polveracchio p.p.

Del Monte Polveracchio-Raione (circa 270 km^2), solo la parte settentrionale (Monte Polveracchio s.l.) ricade nella provincia di Avellino.

In tale settore affiorano prevalentemente calcari, calcari dolomitici e dolomie (Trias-Cretacico), appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale Monti Picentini-Taburno (BONARDI *et alii*, 1988), quest'ultima derivante dalla deformazione della piattaforma carbonatica campano-lucana (Fig. 2.1.1/14).

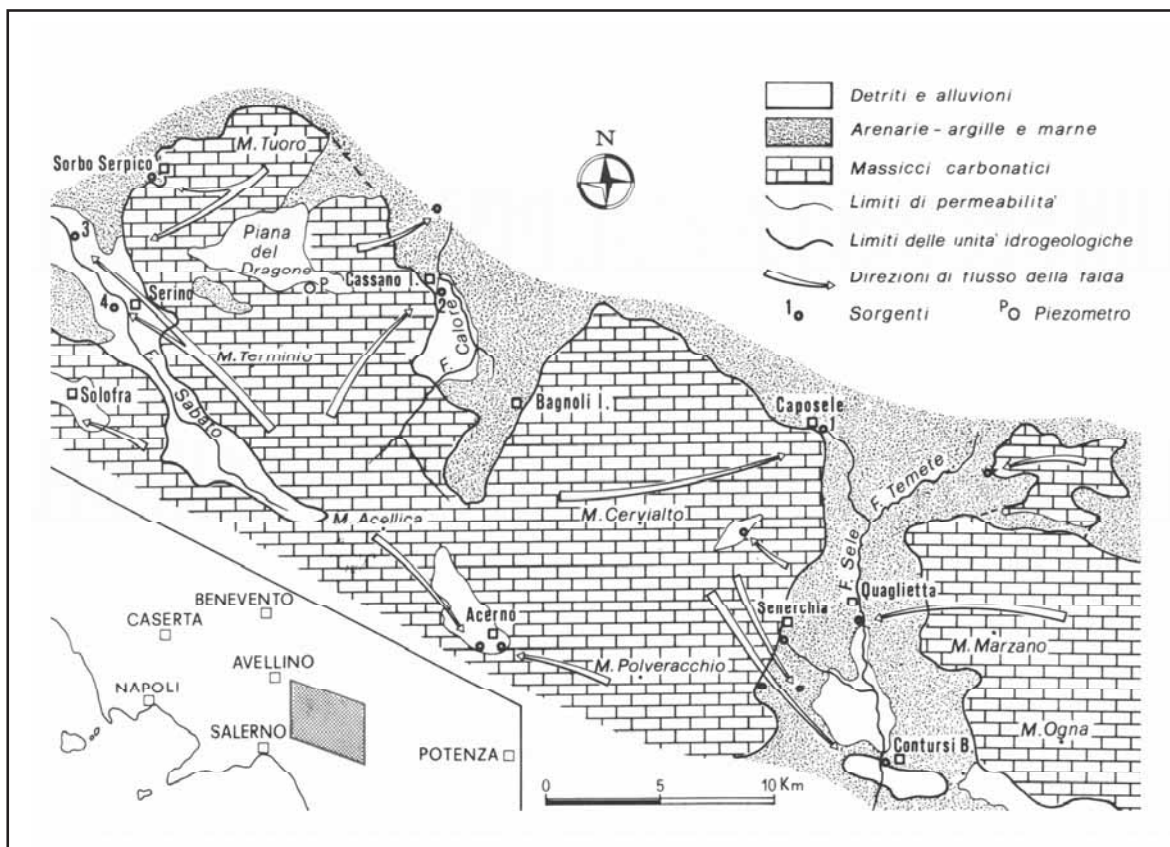


Fig. 2.1.1/14 - Schema idrogeologico del margine settentrionale dei Monti Picentini (da Celico, 1978)

Nella zona centro-meridionale del rilievo affiorano, in finestra tettonica, i terreni poco permeabili delle Unità Lagonegresi, costituiti dalla facies argilloso-marnosa della Formazione di Monte Facito e dalle Formazioni dei calcari con selce, degli scisti silicei, del Flysch Galestrino e del Flysch Numidico.

Tettonicamente sottoposti alle Unità Lagonegresi si rinvengono depositi della piattaforma abruzzese-campana, questi ultimi costituiti da dolomie triassiche, con liste e noduli di selce, calcareniti, marne ed argille (Fig. 2.1.1/15).

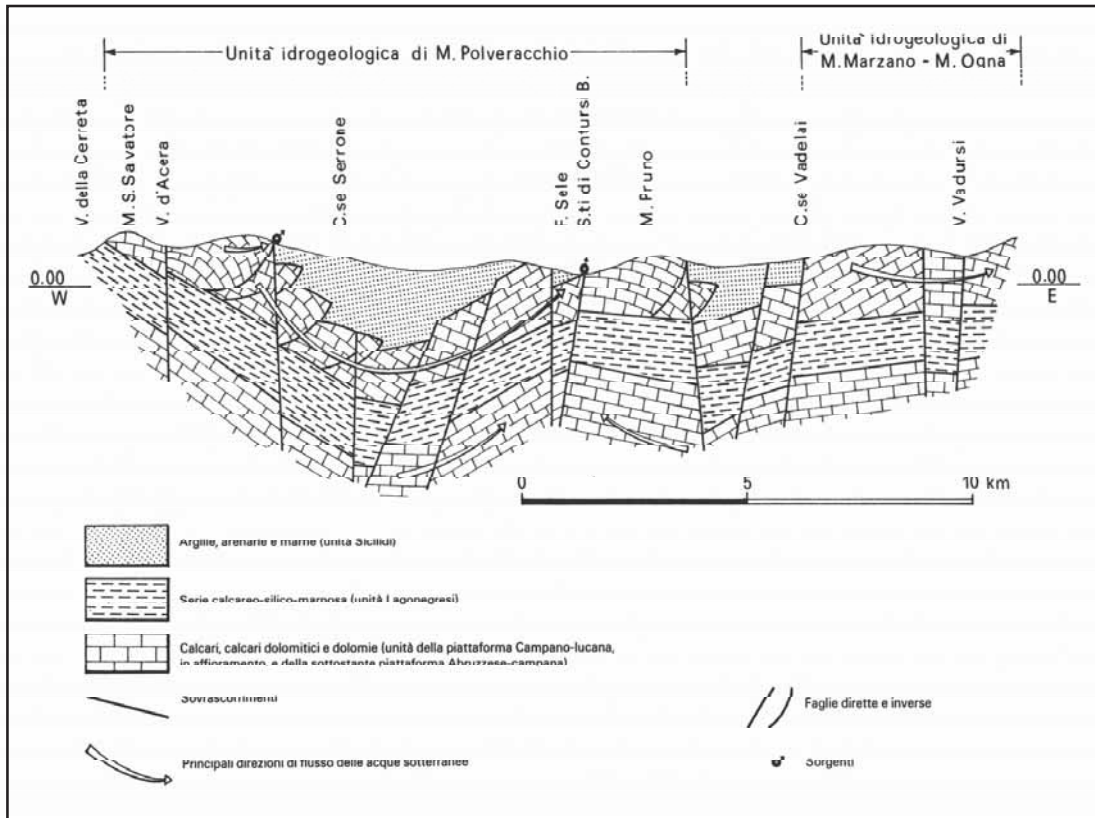


Fig. 2.1.1/15 - Sezione idrogeologica della Valle del Sele, in corrispondenza delle sorgenti termo-minerali di Contursi (da CELICO *et alii*, 1982)

Lungo il margine orientale affiorano, inoltre, depositi terrigeni appartenenti all'Unità delle Argille Varicolori e alle Unità Iripine, costituiti da calcari marnosi, marne, argille ed arenarie (COCCO *et alii*, 1974; PERRONE & SGROSSO, 1982; PESCATORE, 1986).

I limiti idrogeologici del Monte Polveracchio sono tutti rappresentati (CELICO & CIVITA, 1976; CELICO 1978, 1983; CELICO *et alii*, 1987) da lineamenti tettonici. Lungo il margine settentrionale e nord-occidentale, il limite è rappresentato da un'importante discontinuità presente lungo l'allineamento Acerno-Calabritto; detta discontinuità, sebbene sia stata ripresa dalla tettonica recente, mostra chiari caratteri di compressione, sia in destra sia in sinistra del torrente Rio Zagarone, dove i calcari di Monte Pollaro (massiccio del Cervialto) si rinvencono tettonicamente sottoposti alle dolomie del Monte Polveracchio (CELICO & CIVITA, 1976). Detto contatto, quindi, costituisce, localmente, un limite di tamponamento per la circolazione idrica sotterranea basale per entrambe le idrostrutture (Monte Polveracchio e Monte Cervialto). Conferme sul ruolo tamponante esercitato dalla faglia inversa Acerno-Calabritto (CELICO & CIVITA, 1976; CELICO, 1978; 1983) derivano dal fatto che, lungo il torrente Rio Zagarone (a valle dell'abitato di Calabritto, dove si rilevano le quote più basse della cintura impermeabile) non si riscontrano fuoriuscite di acque sotterranee, pur essendo, quest'ultimo, il potenziale punto di recapito della falda del massiccio del Monte Cervialto e del Monte Polveracchio; infatti, la falda del Monte Cervialto emerge, più a N, nei pressi di Caposele, a quota di circa 420 m s.l.m. e, localmente, per il Monte Polveracchio, la falda emerge ad una quota di circa 675 m s.l.m. (sorgenti Acquara-Ponticchio).

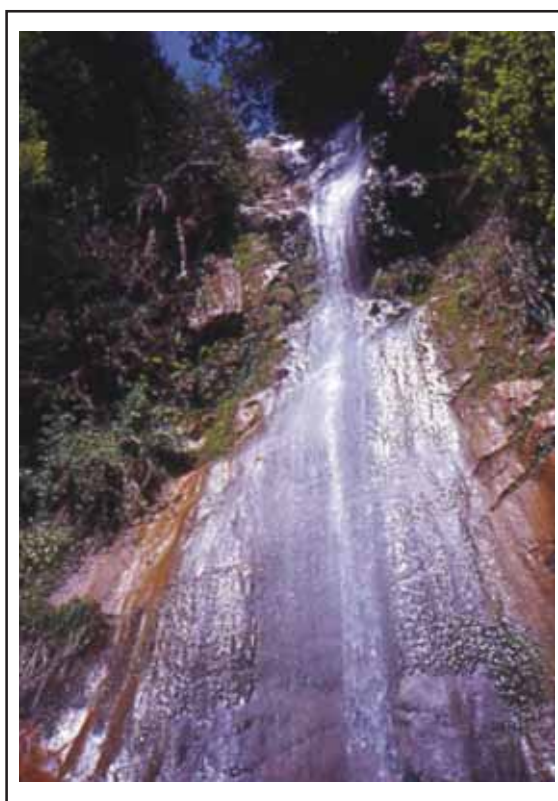
Lungo il margine orientale, nell'alta valle del Sele, il limite è rappresentato dal fronte di accavallamento tettonico che pone in contatto le rocce carbonatiche con i depositi

flyschoidi argilloso-marnosi (CELICO & CIVITA, 1976, CELICO, 1978; CELICO, 1983; CELICO *et alii*, 1987); tale contatto costituisce un limite di sifonamento per le acque sotterranee le quali raggiungono, attraverso un graben sottoposto ai depositi terrigeni, recapiti sorgivi (sorgenti di Contursi Terme) posti a qualche chilometro di distanza dall'acquifero carbonatico.

Lungo il margine occidentale, il limite è rappresentato dal complesso sistema di faglie su cui è impostato l'alveo del fiume Tusciano, che separa il Monte Polveracchio dal Monte Accellica.

In tale porzione di acquifero, è possibile individuare diversi bacini idrici sotterranei, in parte intercomunicanti, aventi punti di recapito delle acque diversificati (CELICO, 1978; 1983; CELICO *et alii*, 1987). In particolare, si individua:

- il *bacino di Calabritto* è delimitato, a S, dal contatto tra le dolomie triassiche e le formazioni calcareo-dolomitiche giurassiche. Detto contatto, che funge da spartiacque sotterraneo, si ricollega al versante orientale del massiccio, seguendo probabilmente la faglia che da Calabritto si sviluppa in direzione pressappoco N-S, attraversando i valloni di Bralia e Caprapezza. L'azione di tamponamento, esercitata da tale linea di faglia, è giustificata dalla presenza di scaglie tettoniche nel settore di Monte Antillo, laddove le dolomie si rinvencono per lo più allo stato farinoso. A conferma di ciò, si consideri quanto detto in precedenza a proposito dell'assenza di apprezzabili fuoriuscite di acque sotterranee nell'area di confluenza Rio Zagarone-fiume Sele, mentre portate sorgive relativamente più elevate si rinvencono a quota più alta (a circa 675 m s.l.m.), in corrispondenza delle sorgenti di Acquara-Ponticchio;



33 - Rio Zagarone - Calabritto

-
- il *bacino di Monte Antillo* è delimitato, ad E, dalla faglia di bordo del massiccio carbonatico ed, a SW, da una discontinuità tettonica ad andamento appenninico (lungo la congiungente Piano di Migliaro-Aria di Canale) che segna, in parte, il contatto tra i calcari cretacici ed i calcari dolomitici giurassici. Quest'ultima faglia svolge un'efficace azione di tamponamento sulla falda di base; infatti, nonostante il considerevole dislivello piezometrico esistente rispetto ai bacini al contorno, consente solo un parziale deflusso delle acque verso quote minori, a cui si trovano le sorgenti di Senerchia (gruppo Piceglie-Abbazzata, posto a circa 500 m s.l.m.). All'interno del bacino, gli unici punti di recapito preferenziale della falda sono le sorgenti Acquara-Ponticchio, ubicate lungo il margine nord-occidentale. Per effetto del complesso assetto strutturale locale, lungo il bordo orientale non esistono fuoriuscite di acque sotterranee apprezzabili, nonostante siano presenti le quote più basse della locale cintura impermeabile;
 - il *bacino di Senerchia* è delimitato, ad W, dallo spartiacque sotterraneo presente lungo la congiungente piano di Migliaro-Aria di Canale e dalle linee tettoniche di Varco Sellara-Costa d'Amalfi-piano del Gaudio, ad W, e di Monte Salvato-piano di Montenero-vallone Trientale, a SE. La prima linea di faglia costituisce, nella sua parte meridionale, la naturale prosecuzione del bordo orientale della finestra tettonica di Campagna. Essa marca, ad W, l'innalzamento, a quota alta, delle dolomie triassiche farinose e, probabilmente, anche delle Unità Lagonegresi; per tale motivo costituisce un vero e proprio spartiacque sotterraneo, delineando così il limite occidentale del bacino idrogeologico dell'alta valle del Sele; infatti, da esso il deflusso idrico risulta suddiviso verso il bacino idrogeologico del fiume Tusciano, ad W, e verso quello del Sele, ad E. Tra i due bacini è da escludere la possibilità di interscambi idrici sotterranei, in quanto le quote e la distanza dalla stessa direttrice tettonica sono pressoché le stesse, sia per le sorgenti di Senerchia, poste ad E, sia per le emergenze diffuse ubicate lungo l'alveo del fiume Tusciano, ad W. Ciò sembra infatti indicare che, a parità di gradiente idraulico, non esistono sostanziali dislivelli piezometrici fra i due bacini, tali da generare interscambi apprezzabili attraverso la suddetta discontinuità tettonica. Lungo il bordo orientale si rinviene ugualmente un assetto strutturale a scaglie; dette scaglie, ribassate all'altezza di Senerchia, si innalzano nuovamente in corrispondenza delle sorgenti Pozzo S. Nicola, ubicate in pieno flysch. Esse riaffiorano successivamente in corrispondenza di Monte Pruno, nel fondovalle Sele, dove emergono le sorgenti termo-minerali di Contursi Bagni;
 - il *bacino di Monte Polveracchio s.s.* è delimitato, ad E, dalla faglia Varco Sellara-Costa d'Amalfi-Piano del Gaudio. Tale discontinuità tettonica divide i deflussi idrici verso il fiume Sele e verso il fiume Tusciano. Lo spartiacque sotterraneo meridionale segue, in parte, la faglia che mette in contatto i calcari dolomitici e le dolomie triassiche ed, in parte, la linea di spartiacque morfologico. Proprio lungo quest'ultimo, il substrato impermeabile (le Unità Lagonegresi) si eleva probabilmente al di sopra della presumibile quota della falda. A SW, il bacino del Monte Polveracchio è delimitato invece da una faglia che, sviluppandosi in direzione NW-SE, lo separa dal bacino sotterraneo di Acqua Buona, quest'ultimo posizionato poco a Sud dell'abitato di Acerno.

In tabella 2.1.1/6 sono riportati i dati relativi alle principali sorgenti appartenenti al Monte Polveracchio s.l., ricadenti in provincia di Avellino.

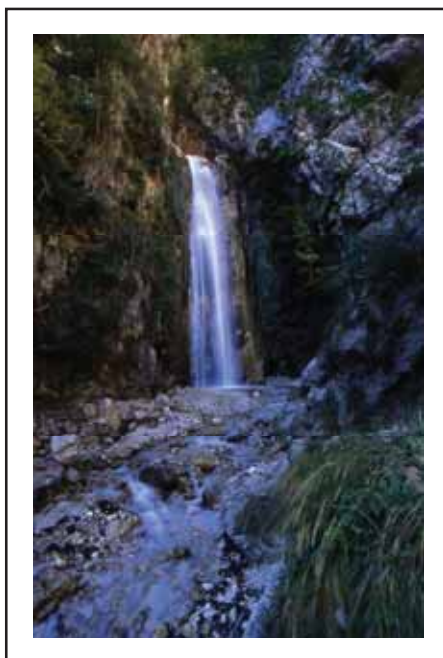
Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Gruppo Acquara - Ponticchio	675	0,30	0,16	0,08	
Pietra S. Lucia	520				
Piceglie	610		0,13		
Abbazzata	478÷525	0,70	0,60	0,15	Valore comprensivo della portata media dell'intero gruppo sorgivo.
Fiumicello I e II	1300				
Acqua Bianca I-V	810÷1200	–	0,05	–	

Tab. 2.1.1/6 - Dati di portata delle principali sorgenti del Monte Polveracchio p.p., ricadenti in provincia di Avellino.

Le principali captazioni sono in gran parte caratterizzate da opere di presa a gravità. La risorsa è utilizzata a scopo principalmente potabile.

Ulteriori captazioni sono presenti presso l'abitato di Contursi Terme; esse riguardano le acque termo-minerali ivi affioranti, utilizzate essenzialmente per scopi terapeutici. Le stesse acque vengono captate direttamente alle sorgenti e/o mediante pozzi profondi attestati nel substrato carbonatico, talora ricoperto da depositi flyschoidi.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".



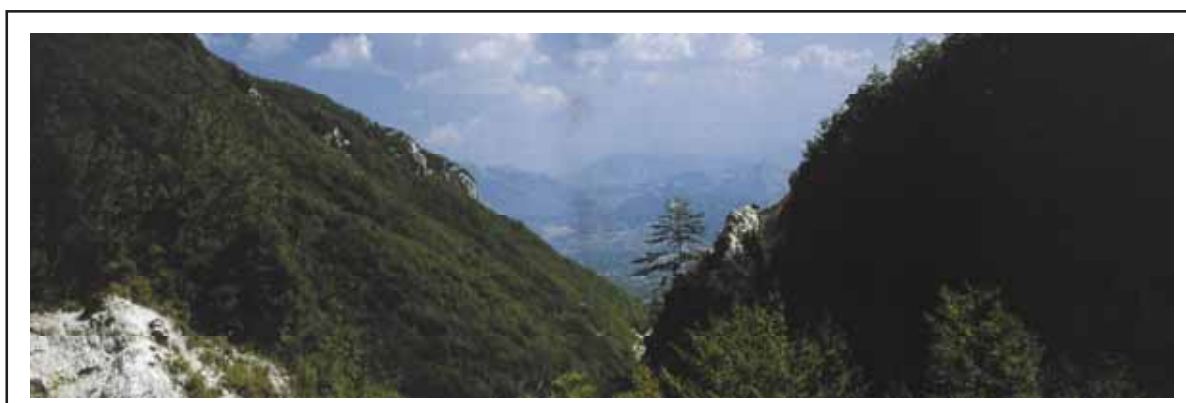
34 - Acqua Bianca - Valle della Caccia Senerchia

Per quanto concerne le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee, è stata accertata (CELICO *et alii*, 1979a; 1979b; 1979c; CELICO *et alii*, 1981) la presenza di una facies bicarbonato-alcalino-terrosa, ad eccezione di talune sorgenti ricadenti nell'area di Contursi Bagni, le quali rientrano nel campo delle solfato-calciche. Tale differenziazione nel chimismo, oltre che nel grado di temperatura delle acque, è da mettere in relazione con la presenza di diversi circuiti idrici sotterranei della falda di base. Infatti, i deflussi più superficiali della falda in rete alimentano le acque meno mineralizzate (gruppo Acquara-Ponticchio, Abbazzata, etc; conducibilità elettrica di circa 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mentre i circuiti idrici sotterranei più lenti e profondi alimentano le acque più mineralizzate (sorgenti di Contursi Bagni; conducibilità elettrica che raggiunge valori di circa 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).



35 - Monte Polveracchio

Tutte le acque a maggiore mineralizzazione sono inoltre caratterizzate da un basso contenuto in O_2 e da un più elevato contenuto in H_2S e CO_2 (1.300 mg/l), la cui origine è sicuramente inorganica e per lo più legata al fenomeno di idrolisi delle rocce calcaree (PANICHI & TONGIORGI, 1975). L'elevata componente clorurato-sodica, in tali acque, è un'ulteriore conferma della presenza di circuiti idrici sotterranei lenti e profondi.



36 - Valle della Caccia - Senerchia

Monte Cervialto p.p.

Ad eccezione di un ristretto settore meridionale, gran parte del massiccio del Cervialto (circa 120 km²; Fig. 2.1.1/16) ricade in provincia di Avellino. Esso è caratterizzato da una successione costituita prevalentemente da calcari dolomitici, calcari, calcari oolitici e pseudoolitici, con intercalazioni di conglomerati, appartenenti all'unità stratigrafico-strutturale Monti Picentini-Taburno della piattaforma carbonatica campano-lucana (BONARDI *et alii*, 1988).

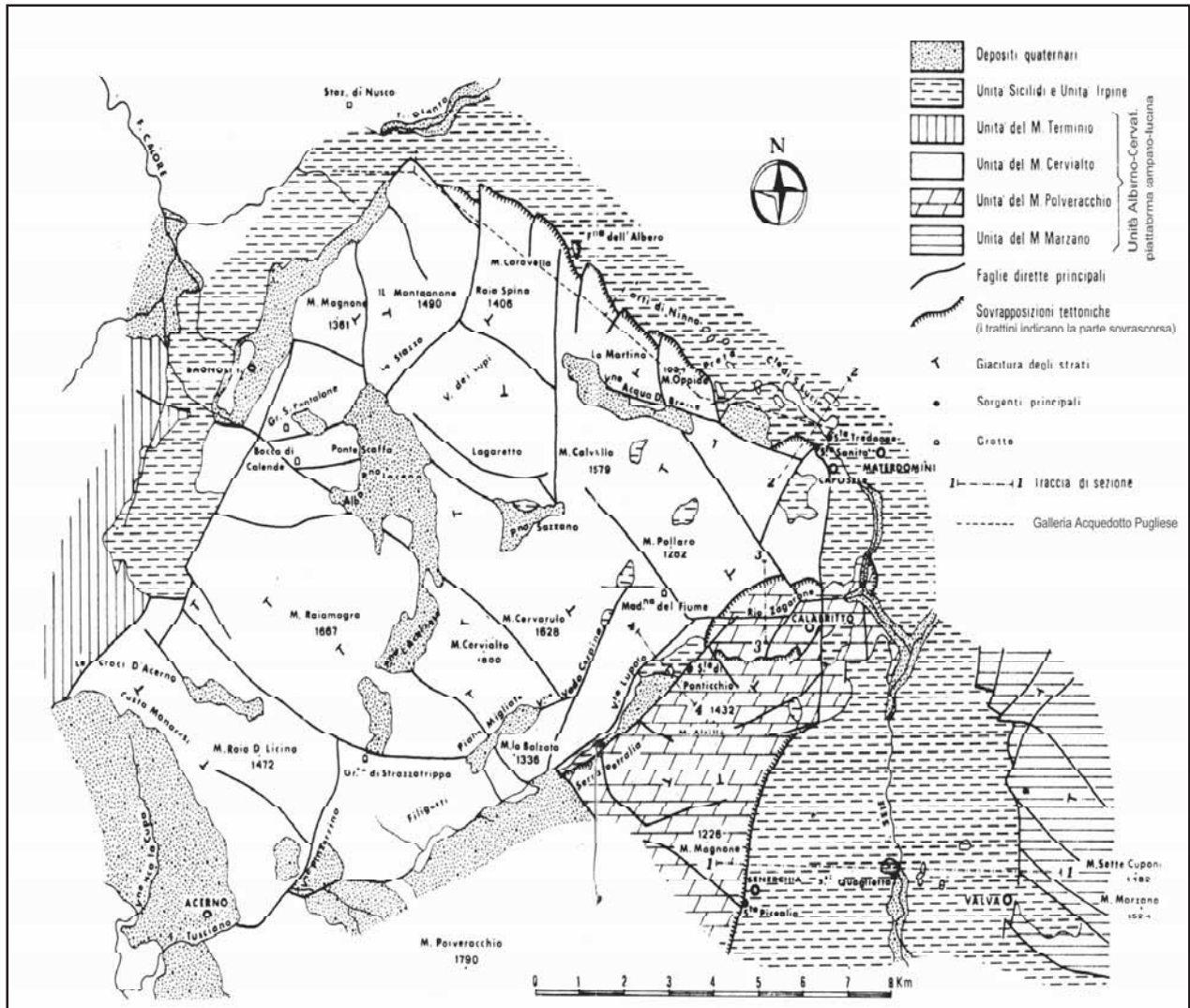


Fig. 2.1.1/16 - Schema tettonico del massiccio carbonatico del Monte Cervialto (da Celico & Civita, 1976)



37 - Prospettiva del Monte Cervialto vista dal Monte Terminio

Lungo il bordo nord-orientale e nord-occidentale affiorano banchi di calcari marnosi, alternati a siltiti, argille e marne, riferibili alla Formazione di Corleto-Perticara (COCCO *et alii*, 1974), di età Cretacico sup.-Paleocene (BARBIERI & ZANZUCCHI, 1967); le Argille Varicolori si rinvengono nella parte più settentrionale del massiccio.

Lungo i lati nord-orientale e sud-occidentale si rinvengono essenzialmente arenarie con intercalazioni di sabbie, argille e puddinghe, a matrice arenacea, ascrivibili alla Formazione di Castelveteve (PESCATORE *et alii*, 1969).

Infine, lungo i bordi del massiccio carbonatico e nelle aree carsiche interne ad esso, affiorano ampiamente depositi detritico-piroclastici e lacustri quaternari.

Dal punto di vista idrogeologico, il Monte Cervialto è delimitato (CELICO & CIVITA, 1976; CELICO, 1978; 1983):

- a NW ed a NE, dal contatto con i depositi terrigeni impermeabili appartenenti alle Unità Sicilidi ed alle unità litostratigrafiche neogeniche pre e tardo orogene; in particolare, lungo il margine nord-occidentale è presente un'importante discontinuità tettonica con caratteri di trascorrenza (ORTOLANI, 1975; PESCATORE *et alii*, 1969);
- a SW, dalla presenza dell'innalzamento del substrato dolomitico, spesso ridotto allo stato farinoso, che ostacola ogni collegamento tra il Monte Cervialto ed il Monte Accellica; ciò è testimoniato, tra l'altro, da alcune indagini geognostiche realizzate nel substrato carbonatico sottoposto ai depositi fluvio-lacustri e conglomeratici della conca di Acerno (BUDETTA & DE RISO, 1982; CELICO, 1983);
- a SE, dalla direttrice tettonica Acerno-Calabritto la quale, almeno nella sua parte nord-orientale, mostra chiari caratteri di compressione (CELICO & CIVITA, 1976), in parte mascherati dalla tettonica recente; infatti, lungo tale margine si individua l'accavallamento tettonico del Monte Polveracchio s.l. sul Monte Cervialto;

- a NE, dall'accavallamento tettonico (CELICO & CIVITA, 1976) del Monte Cervialto su terreni impermeabili.

Il deflusso idrico sotterraneo basale è orientato da SW verso NE. L'unico importante punto di recapito della falda è rappresentato dalla sorgente Sanità di Caposele, ubicata ad una quota di 420 m circa s.l.m., nonché da venute d'acqua in alveo (sorgente Tredogge) poste a quota 415 m circa s.l.m..

Nonostante nei pressi dell'abitato di Calabritto esista un potenziale punto di recapito della falda posto a quota relativamente bassa (circa 250 m s.l.m.), la falda idrica sotterranea del Monte Cervialto emerge, come si è detto, a quota più alta (415÷420 m s.l.m.). Ciò è giustificato dalla presenza del già citato accavallamento tettonico (cfr. sez. 2 e 3 in Fig. 2.1.1/17) del Monte Polveracchio sul Monte Cervialto (CELICO & CIVITA, 1976).

Inoltre, l'esistenza di una complessa struttura *a scaglie*, nella zona antistante la sorgente Sanità (in località Coste di S. Lucia), condiziona fortemente la circolazione idrica sotterranea locale, comportando che la principale emergenza non sia in corrispondenza della sorgente Tredogge, sebbene quest'ultima sia posta a quota relativamente più bassa (cfr. sez. 1 in Fig. 2.1.1/17).

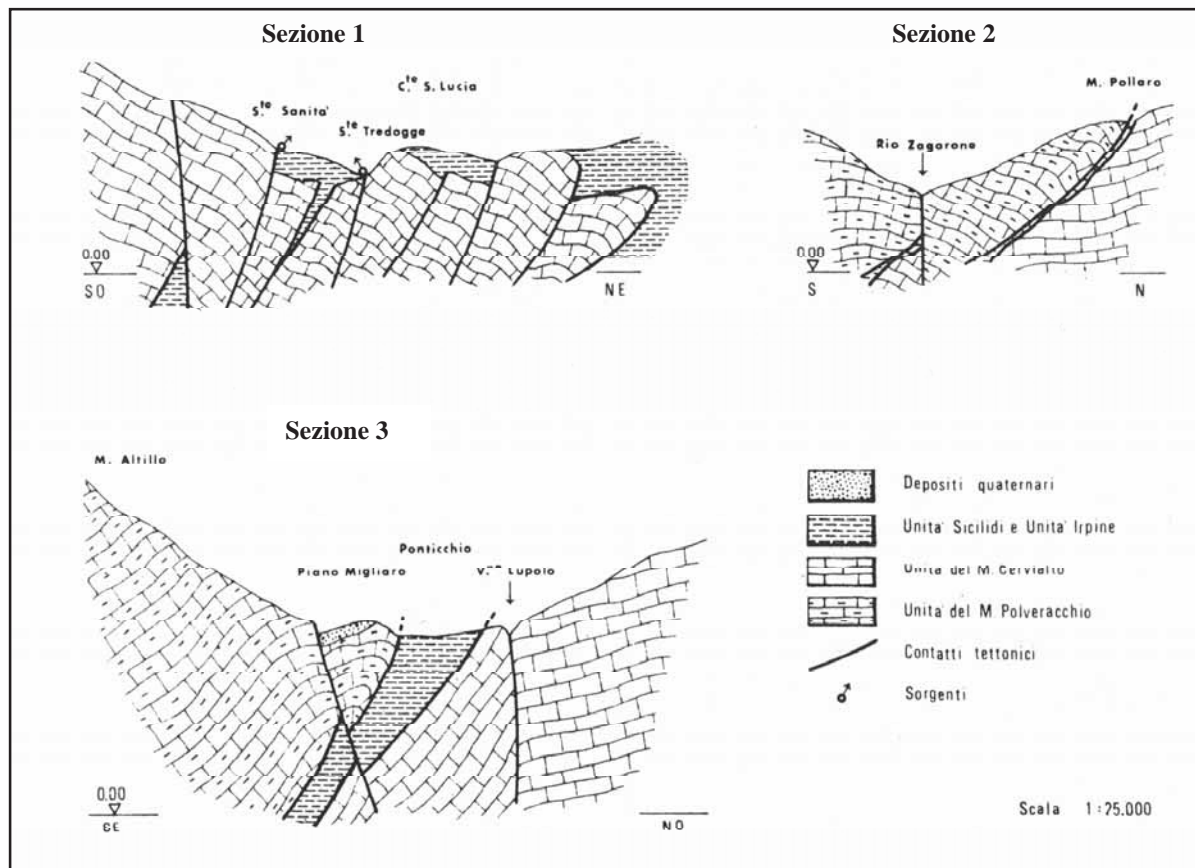


Fig. 2.1.1/17 - Assetto idrostrutturale tra Monte Polveracchio e Monte Cervialto (da CELICO & CIVITA, 1976)

Al suo interno, il massiccio carbonatico del Monte Cervialto è suddiviso da una rete di discontinuità prevalentemente sub-verticali che ha dislocato, a diverse altezze, le varie parti del diffuso sistema carsico ipogeo.



38 - Grotta Profunnata - Monte Cervialto

Gli effetti di tale smantellamento si riflettono anche sulle dinamiche sotterranee dell'acquifero ed, in particolare, sul regime idrologico della sorgente Sanità.



39 - Sorgenti del Sele - Primo '900

40 - Sorgenti del Sele - Caposele 2006

E' importante inoltre segnalare la presenza di un gradiente piezometrico piuttosto basso, dell'ordine di $0,2\div 0,3\%$, ed una quota media della superficie piezometrica della falda intorno ai $450\div 500$ m s.l.m. (BELLUCCI *et alii*, 1983). Ciò trova conferma nel fatto che essa non è stata intercettata, né durante i lavori di scavo della galleria Cassano Irpino - Caposele dell'Acquedotto Pugliese, né in fase di esecuzione di un sondaggio profondo diverse centinaia di metri, realizzato nella zona centrale del massiccio, nei pressi del piano Laceno.

In tabella 2.1.1/7 sono riportati i dati relativi alle principali sorgenti appartenenti al Monte Cervialto, ricadenti in provincia di Avellino.

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Sanità di Caposele	420	6,70	4,0	2,80	
Tredogge	415	–	0,07	–	
Tronola	1115	–	0,015	–	

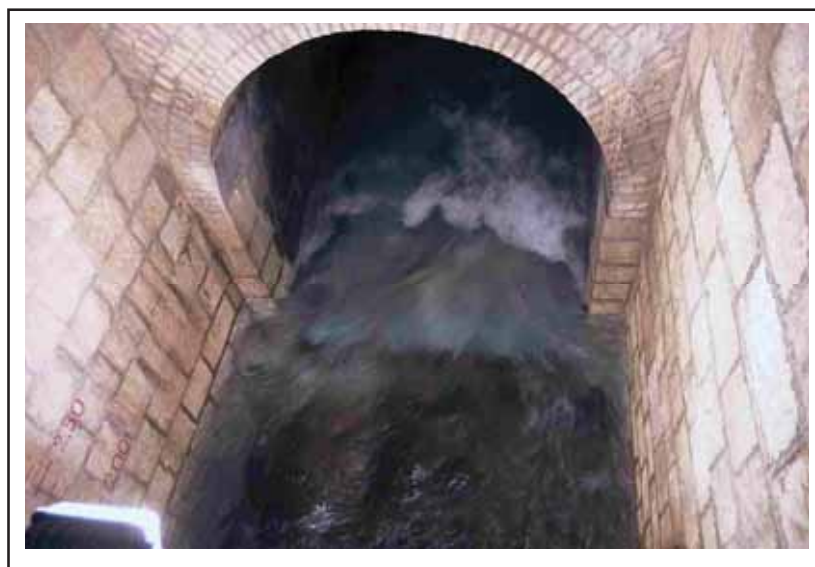
Tab. 2.1.1/7 - Dati di portata delle principali sorgenti del Monte Cervialto, ricadenti in provincia di Avellino.

La principale opera di captazione è quella relativa alla sorgente Sanità di Caposele.

Le acque sotterranee, la cui potenzialità è di circa $128,00 \times 10^6$ m³/a, sono utilizzate a scopo potabile. Esse vengono captate a gravità, tramite una galleria semicircolare con cunicoli drenanti e trasferite in Puglia.

Ulteriori opere di captazione a gravità interessano alcune sorgenti di alta quota (sorgenti Tronola), le cui acque (qualche decina di l/s, in media) sono destinate all'approvvigionamento potabile del comune di Bagnoli Irpino.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".



41 - Opera di captazione della sorgente Sanità - Caposele

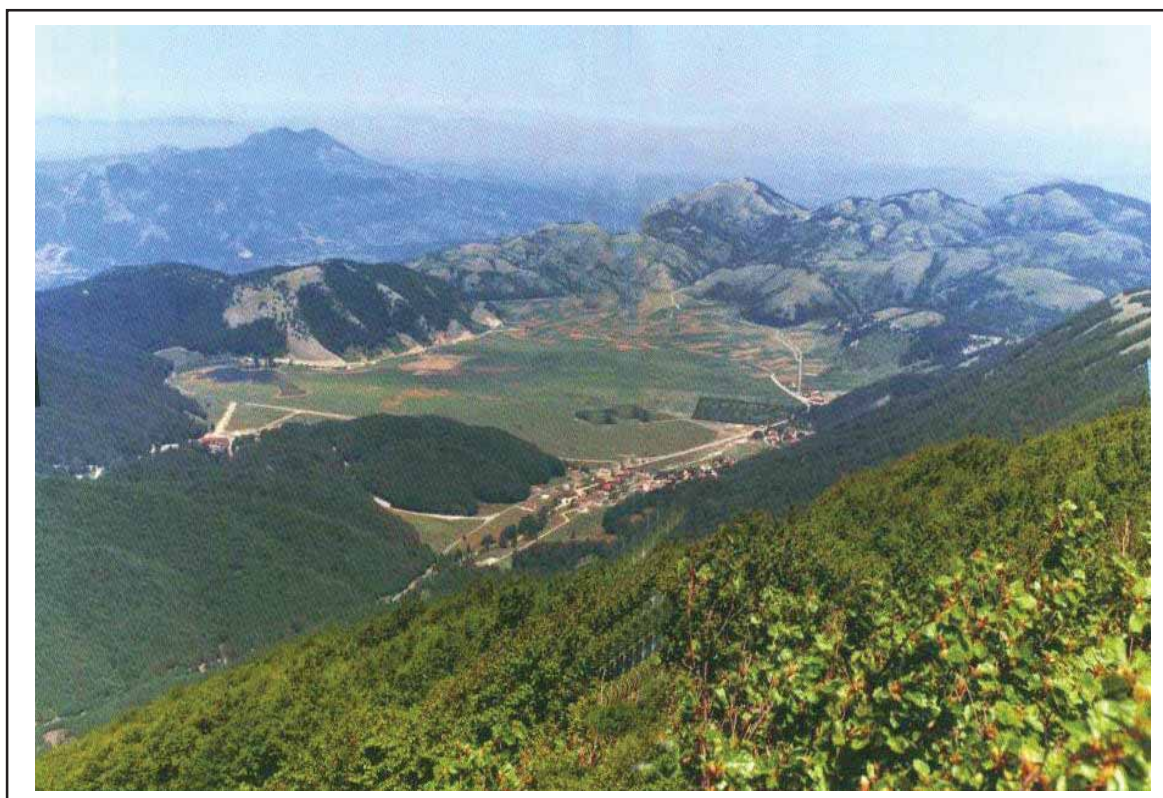
Dal punto di vista chimico-fisico (CELICO *et alii*, 1979a; 1979b), le acque della sorgente Sanità sono caratterizzate da temperature medie di 9÷10 °C. La conducibilità elettrica è bassa (pari a circa 290 µS/cm), mentre la facies è di tipo bicarbonato-calcica.

Tali peculiarità idrochimiche sono in accordo con le caratteristiche litologiche della roccia-serbatoio, nonché con le modalità di circolazione idrica sotterranea all'interno del massiccio carbonatico.

Il piano Laceno e la grotta del Caliendo

Una caratteristica peculiare del massiccio carbonatico del Monte Cervialto, di particolare interesse idrogeologico ambientale e paesaggistico, è rappresentata dalla grande conca endoreica del piano Laceno che ospita l'omonimo lago.

Tale area endoreica (circa 10 km²) è tributaria del bacino idrografico del fiume Sele, per le acque sotterranee, e del bacino del fiume Volturno, per quelle superficiali, effluenti dalla grotta del Caliendo. Infatti, le acque di ruscellamento superficiale del bacino endoreico, dopo essersi infiltrate in corrispondenza di alcuni inghiottitoi posti nella zona che ospita l'omonimo lago, alimentano la falda di base del Monte Cervialto seguendo un percorso in sottterraneo piuttosto articolato; esse, infatti, riemergono in corrispondenza della grotta del Caliendo, per essere successivamente riassorbite dai calcari affioranti in corrispondenza dell'incisione valliva e trasferite verso la falda di base che alimenta le sorgenti di Caposele. Le acque della grotta raggiungono solo in parte il fiume Calore irpino, in occasione di portate di piena superiori a 50÷100 l/s (BELLUCCI *et alii*, 1983).



42 - Altopiano Laceno - Bagnoli Irpino



43 - Altopiano Laceno in veste invernale - Bagnoli Irpino

In merito alla grotta del Caliendo, essa rappresenta la parte residuale di un antico ed esteso sistema carsico ipogeo, probabilmente formatosi, in origine, a quota molto prossima alla falda di base del massiccio carbonatico del Monte Cervialto.

Tale sistema risulta caratterizzato (GIULIVO, 2002) da uno sviluppo planimetrico di lunghezza pari a circa 4.110 m, pressoché sub-orizzontale, avente un orientamento grossomodo Est-Ovest, caratterizzato da una pendenza media dell'8,4% ed un dislivello massimo di 202 m (Figg. 2.1.1/18 a, b).

Risulta inoltre suddiviso (GIULIVO, 2002) in un due collettori principali (in senso idrologico, ramo "destro" e ramo "sinistro"). Il ramo "sinistro" è solo parzialmente esplorato per la presenza di uno stretto sifone sempre pieno d'acqua. Quello "destro", completamente esplorato, ha una lunghezza di circa 2.700 metri ed è in diretto collegamento con il lago. Infatti esso, nella parte più prossima al piano Laceno (verso la località Ponte Scaffa), si articola in più rami secondari, posti a quote diverse e parzialmente attivi.

Quanto alla Bocca del Caliendo, essa è dotata di due aperture: l'Ingresso Alto, che attualmente ne consente l'accesso e l'Ingresso Basso (quota di circa 790 m s.l.m.), da cui fuoriesce l'acqua nei periodi invernali. Entrambe le aperture, il cui dislivello è pari a circa 50 m, risultano prospicienti la profonda forra del vallone del Caliendo.

Tra i principali inghiottitoi del piano Laceno, posti in collegamento diretto o indiretto con il sistema carsico della grotta del Caliendo, si annovera la Grotta di S. Guglielmo, l'inghiottitoio di Ponte Scaffa, l'inghiottitoio Bocca del Lago, l'inghiottitoio de La Chiesa, l'inghiottitoio dell'albergo comunale, etc..



Fig. 2.1.1/18 a - Sviluppo planimetrico della Grotta del Caliendo - Bagnoli Irpino

Considerata la significativa differenza tra le portate “in ingresso”, dagli inghiottitoi visibili in superficie nella zona del piano Laceno, ed “in uscita”, dalla Bocca del Caliendo, è verosimile ipotizzare che, sia pure per brevi periodi dell’anno (periodi di piena particolarmente piovosi), il sistema carsico del Caliendo interagisca, seppure parzialmente, anche con le acque che si immettono negli inghiottitoi sepolti e nella fitta in rete di fratture del substrato carbonatico. Ciò, sia pure indirettamente, potrebbe giustificare la presenza costante di acque nel già citato sifone del ramo “sinistro” del sistema carsico ipogeo.



Fig. 2.1.18 b - Veduta aerea della Piana del Laceno con sviluppo del traforo idrogeologico del Caliendo



44 - Grotte del Caliendo - Bagnoli Irpino



45 - Grotte del Caliendo - Bagnoli Irpino



46 - Grotte del Caliendo - Bagnoli Irpino



47 - Grotte del Caliendo - Bagnoli Irpino

Effetti indotti dal terremoto del 23 novembre 1980 sul regime della sorgente Sanità di Caposele

Particolarmente interessanti sono stati gli effetti indotti dal sisma del novembre del 1980 sulla sorgente Sanità di Caposele.

Da una prima analisi delle modificazioni del regime sorgivo (CELICO, 1981), è piuttosto evidente la relazione diretta tra aumento di portata ed evento sismico (Figg. 2.1.1/19a e b). Infatti, subito dopo il 23 novembre 1980 sono stati registrati incrementi di portata che hanno raggiunto anche punte di $0,30 \text{ m}^3/\text{s}$, nell'arco della stessa giornata. Inoltre, con 5÷6 mesi di anticipo, rispetto al periodo di massima piena, il 19 gennaio 1981 è stata registrata la più alta portata storica (circa $7,30 \text{ m}^3/\text{s}$).

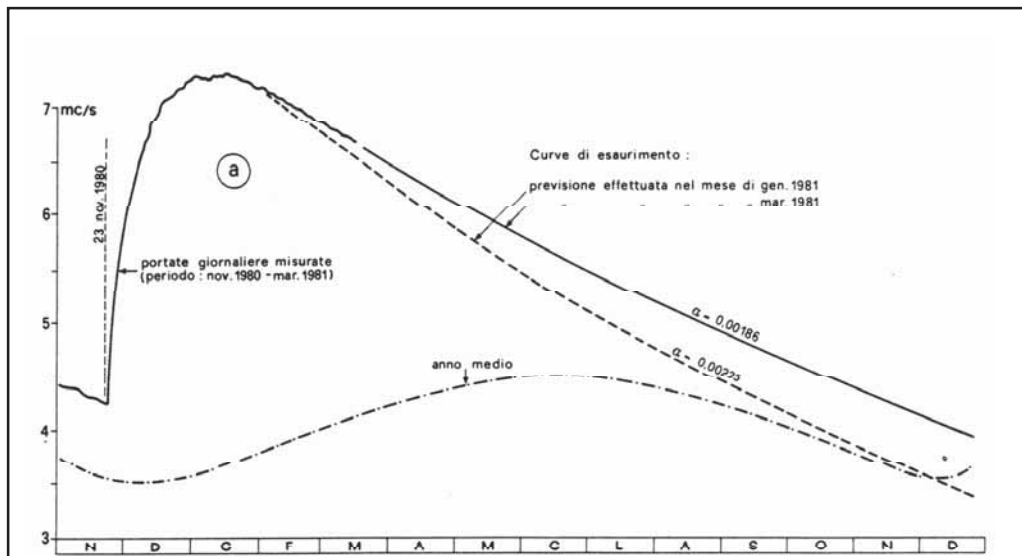


Fig. 2.1.1/19 a - Idrogrammi della sorgente Sanità di Caposele prima e dopo il terremoto del 23/11/1980 (da CELICO, 1981; 1983).

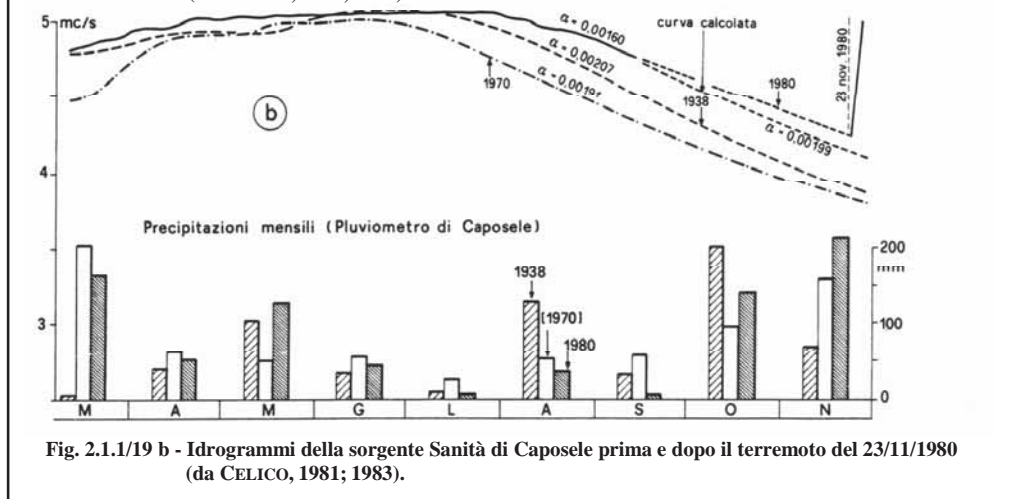


Fig. 2.1.1/19 b - Idrogrammi della sorgente Sanità di Caposele prima e dopo il terremoto del 23/11/1980 (da CELICO, 1981; 1983).

Già alla fine del mese di gennaio 1981, quando la risalita indotta dal terremoto si era ormai smorzata è stata effettuata una prima previsione (CELICO, 1981) dello svuotamento (circa $30 \times 10^6 \text{ m}^3$; cfr. Fig. 2.1.1/19a) che avrebbe potuto subire l'acquifero carbonatico per effetto della sollecitazione sismica. Il calcolo è stato eseguito ipotizzando (anche sulla base

del comportamento assunto dalla sorgente durante il terremoto del 23 luglio 1930) che il decremento delle portate avvenisse secondo leggi molto simili a quella di esaurimento della sorgente e che l'andamento dell'idrogramma, in condizioni indisturbate, potesse non discostarsi molto da quello dell'anno medio. Lo scarto tra le previsioni effettuate al mese dicembre 1981 e le portate realmente misurate è risultato pari al 20% circa.

Successivamente, nel mese di marzo 1981, i dati disponibili sono risultati sufficienti a fare una previsione più precisa, praticamente coincidente con l'andamento reale dell'idrogramma (CELICO, 1981). Basti considerare che lo scarto tra la portata prevista (circa $4,00 \text{ m}^3/\text{s}$) per la fine di dicembre 1981, probabile periodo di massima magra della sorgente, e quella misurata ($4,20 \text{ m}^3/\text{s}$), è stato solo del 5% circa.

L'analisi di tale fenomeno è risultata di fondamentale importanza anche per smentire, sin da subito, inutili allarmismi sul depauperamento totale della risorsa di Caposele e sul conseguente stato di emergenza che avrebbe interessato l'Acquedotto Pugliese, da essa alimentato.

Di recente CELICO & MATTIA (2002), partendo da una dettagliata analisi delle dinamiche di ricarica e di esaurimento della sorgente Sanità (basata, tra l'altro, sull'acquisizione ed interpretazione di una gran mole di dati meteorologici e di portata), hanno ricostruito un primo modello di simulazione del regime sorgivo, mediante il quale è stato possibile analizzare, con maggiore dettaglio, gli effetti indotti dal sisma sugli equilibri idrogeologici della sorgente. In particolare, l'analisi dei dati ha condotto ai seguenti principali risultati:

- la simulazione dell'idrogramma di portata dell'anno idrologico 1980÷1981, in assenza di modificazioni indotte dal terremoto (Fig. 2.1.1/20), ha consentito di determinare l'entità del volume idrico aggiuntivo erogato, nel corso del medesimo anno idrologico, per effetto del sisma stesso; tale volume è risultato pari a circa $42,10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ e, quindi, molto superiore a quanto stimato (circa $30,00 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) nella precedente analisi (CELICO, 1981);
- la simulazione degli idrogrammi di portata che la sorgente avrebbe dovuto descrivere successivamente all'evento (Fig. 2.1.1/21), in funzione della sola ricarica ed in assenza di disturbi indotti dal sisma, ha consentito di avvalorare e di quantificare quanto già ipotizzato in CELICO (1981), in merito alla tendenza dell'acquifero ad un progressivo recupero delle condizioni originarie precedenti al sisma. Infatti, negli anni immediatamente successivi al terremoto, la sorgente ha erogato un volume idrico inferiore a quello che ci si sarebbe aspettato in funzione dell'entità delle precipitazioni (Fig. 2.1.1/21). Più in dettaglio, l'acquifero ha mostrato un deficit di portata erogata (pari a circa $15,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, nell'anno idrologico 1981÷1982, $18,0 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, nell'anno idrologico 1982÷1983 e $11,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$, nell'anno idrologico 1983÷1984) ripristinando gli equilibri idrodinamici originari solo nel corso dell'anno idrologico 1984÷1985; quanto detto è testimoniato dal confronto e dalla perfetta coincidenza tra l'idrogramma di portata reale e quello simulato (Fig. 2.1.1/21).

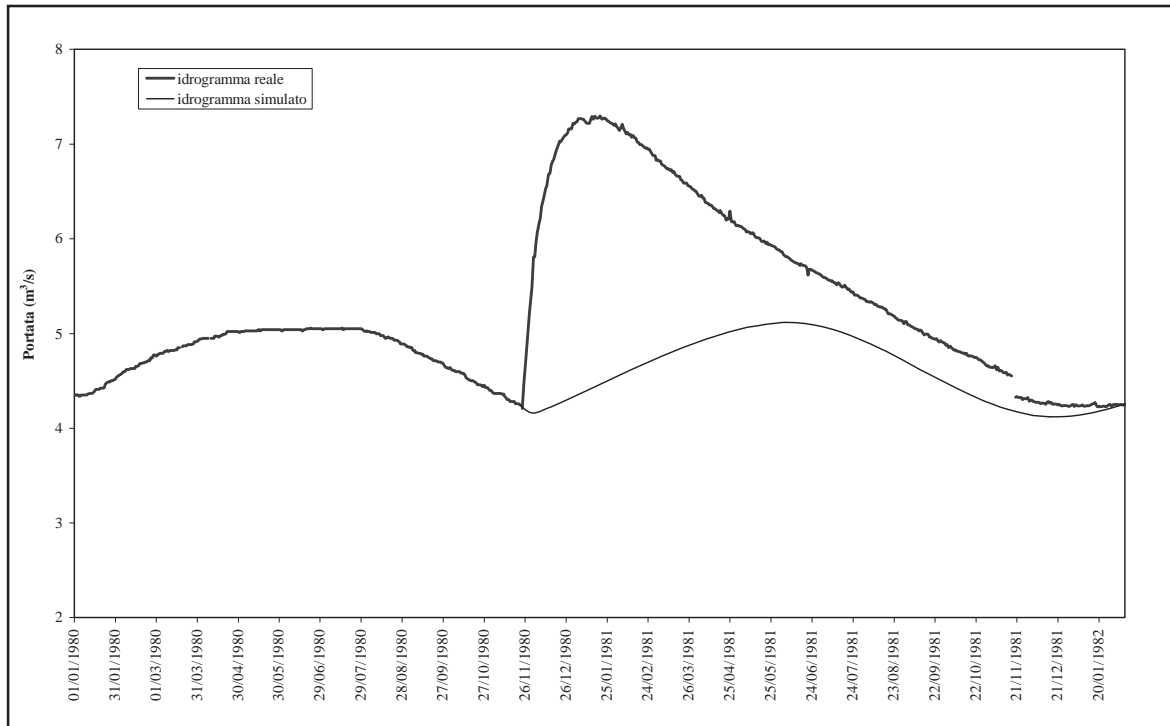


Fig. 2.1.1/20 - Confronto tra l'idrogramma di portata reale dell'anno idrologico 1980-1981 e l'idrogramma di portata simulato in assenza di disturbi indotti dal sisma del 23/11/1980 (da CELICO & MATTIA, 2002)

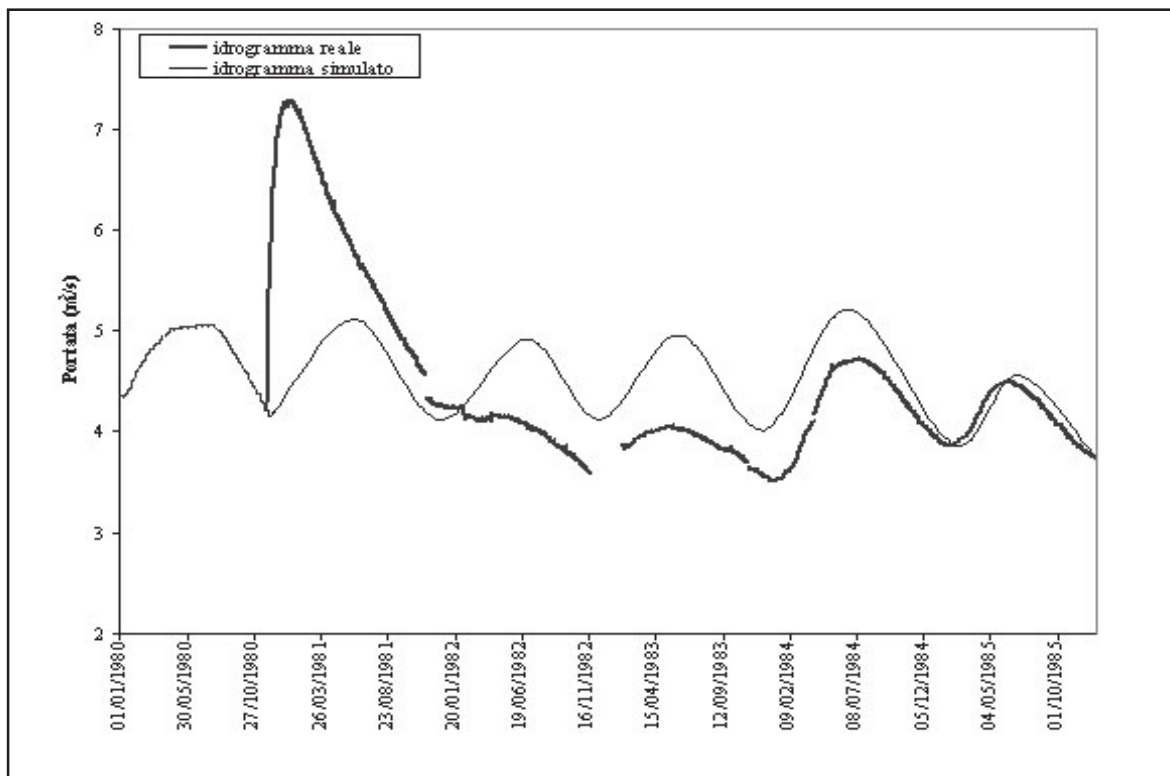


Fig. 2.1.1/21 - Confronto tra l'idrogramma di portata reale degli anni idrologici successivi al terremoto del 23/11/1980 e l'idrogramma simulato in assenza di disturbi indotti dal medesimo sisma (da CELICO & MATTIA, 2002).

In estrema sintesi, il sisma del 23/11/1980 ha generato una significativa modificazione degli equilibri idrogeologici dell'acquifero del Monte Cervialto.

Il riequilibrio delle condizioni naturali è ovviamente coinciso con il definitivo recupero dei volumi idrici erogati "in più" nell'anno idrologico 1980÷1981. Infatti, nei successivi tre anni idrologici, l'acquifero ha "recuperato" un totale di circa $44,5 \times 10^6$ m³ di riserve di acque sotterranee; lo scarto, pari al 5,7%, tra il volume erogato "in più", per effetto del sisma, ed il volume "recuperato" rientra nei limiti di approssimazione del modello analitico.

Monte Marzano-Ogna p.p.

Del massiccio carbonatico del Monte Marzano-Ogna (circa 270 km²), nella provincia di Avellino ricade solo il blocco calcareo (circa 0,1 km²) di Quaglietta, ubicato nell'alta valle del Sele.

Nell'ambito della valle del Sele, sebbene affiorino quasi esclusivamente depositi impermeabili appartenenti alle Unità Sicilidi, nonché sedimenti detritico-alluvionali e travertinosi, sono presenti importanti manifestazioni sorgive, tra cui le sorgenti di Quaglietta e di Contursi Terme.

Dette sorgenti presentano singolari caratteristiche per portata e chimismo. Esse sono state oggetto in passato di vari studi (CELICO et alii, 1979a, b, c), mediante approcci, oltre che idrogeologici, anche geofisici, geomeccanici e geochimici.

I principali risultati acquisiti possono essere così sintetizzati:

- le sorgenti di Quaglietta risultano alimentate dal rilievo carbonatico del Monte Marzano; è presente, infatti, al di sotto della copertura flyschoidale, un sifone carbonatico profondo che collega il piccolo blocco calcareo di Quaglietta con il Monte Marzano retrostante (Fig. 2.1.1/22);
- le sorgenti termo-minerali di Contursi Bagni, ricadenti fuori dal territorio irpino, hanno il loro bacino di alimentazione nell'idrostruttura del Monte Polveraccio;
- i sondaggi geomeccanici hanno confermato l'esistenza di un isolamento idrostrutturale tra il blocco di Monte Pruno (affiorante in prossimità di Contursi Terme) ed il rilievo carbonatico di Monte Ogna (Fig. 2.1.1/15);
- i dati isotopici (¹⁸δO, δD e U.T.), unitamente ai dati idrochimici, hanno consentito di evidenziare la presenza di differenti circuiti idrici sotterranei (più superficiali e più profondi, con relativi mescolamenti) alimentanti le diverse sorgenti di Contursi Terme e Contursi Bagni.

In tabella 2.1.1/8 sono riportati i dati relativi alle principali sorgenti appartenenti al Monte Marzano-Ogna, ricadenti in provincia di Avellino.

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Gruppo Quaglietta	190	\	2,1	\	Valore della portata media dell'intero gruppo sorgivo (Senerchiella I, II, Fontana I, II)

Tab. 2.1.1/8 - Dati di portata delle principali sorgenti del Monte Marzano-Ogna, ricadenti in provincia di Avellino.

La principale opera di captazione riguarda il gruppo sorgivo di Quaglietta. Le acque sotterranee, utilizzate a scopo potabile, vengono derivate a gravità, tramite galleria drenante.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Dal punto di vista chimico-fisico, le sorgenti di Quaglietta (CELICO *et alii*, 1979a; 1979b) sono caratterizzate da temperature medie di circa 10 °C. La conducibilità elettrica risulta bassa (pari a circa 310 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mentre la facies idrochimica è di tipo bicarbonato-calcica.

Tali peculiarità idrochimiche sono in accordo con le caratteristiche litologiche della roccia-serbatoio, nonché con le modalità di circolazione idrica sotterranea all'interno del massiccio carbonatico.

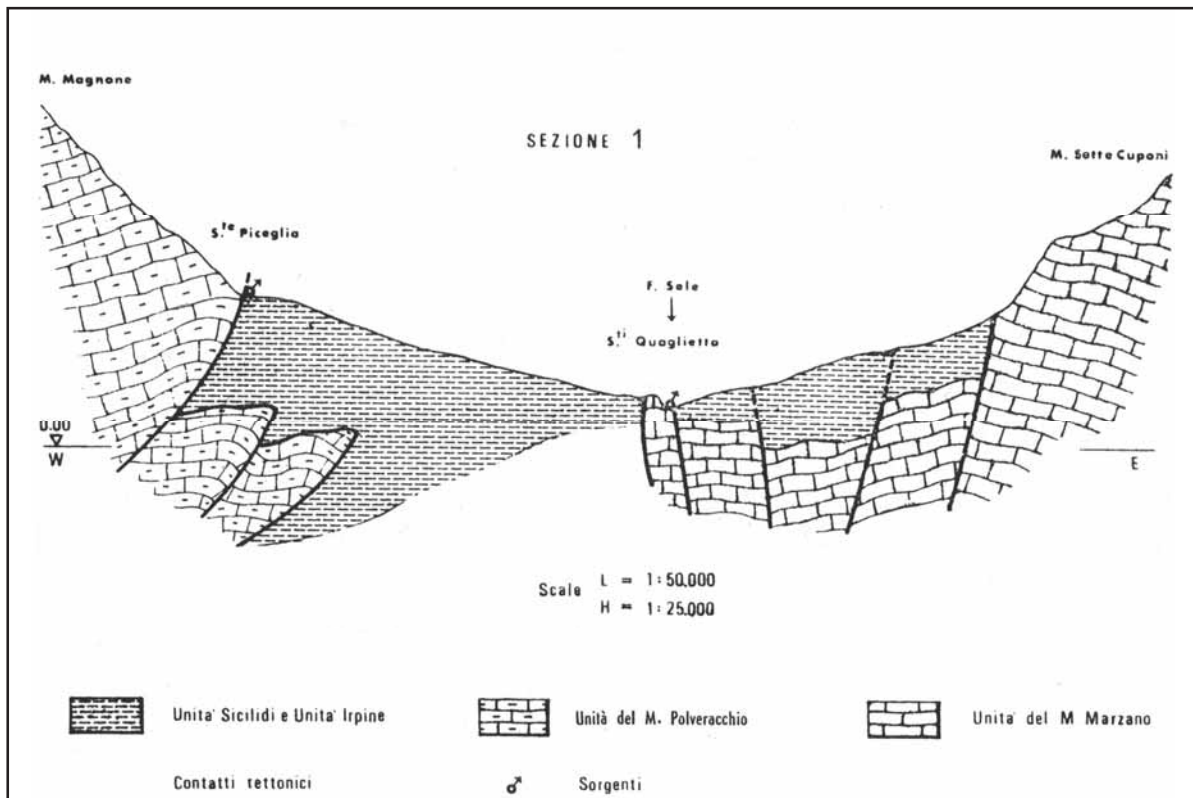


Fig. 2.1.1/22 - Assetto idrostrutturale dell'alta valle del Sele, nel settore interessato dalle sorgenti di Quaglietta (da CELICO *et alii*, 1979b).

2.1.2 Piane alluvionali

Piana dell'Isclero p.p.

Nella provincia di Avellino, lungo il suo margine nord-occidentale, rientra un limitato settore (circa 20 km²) della piana del fiume Isclero (Fig. 2.1.2/1). In tale unità idrogeologica sono presenti, in affioramento, depositi detritico-alluvionali, a granulometria limo-sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa, nonché sedimenti fluvio-lacustri e depositi piroclastici, in parte rimaneggiati.

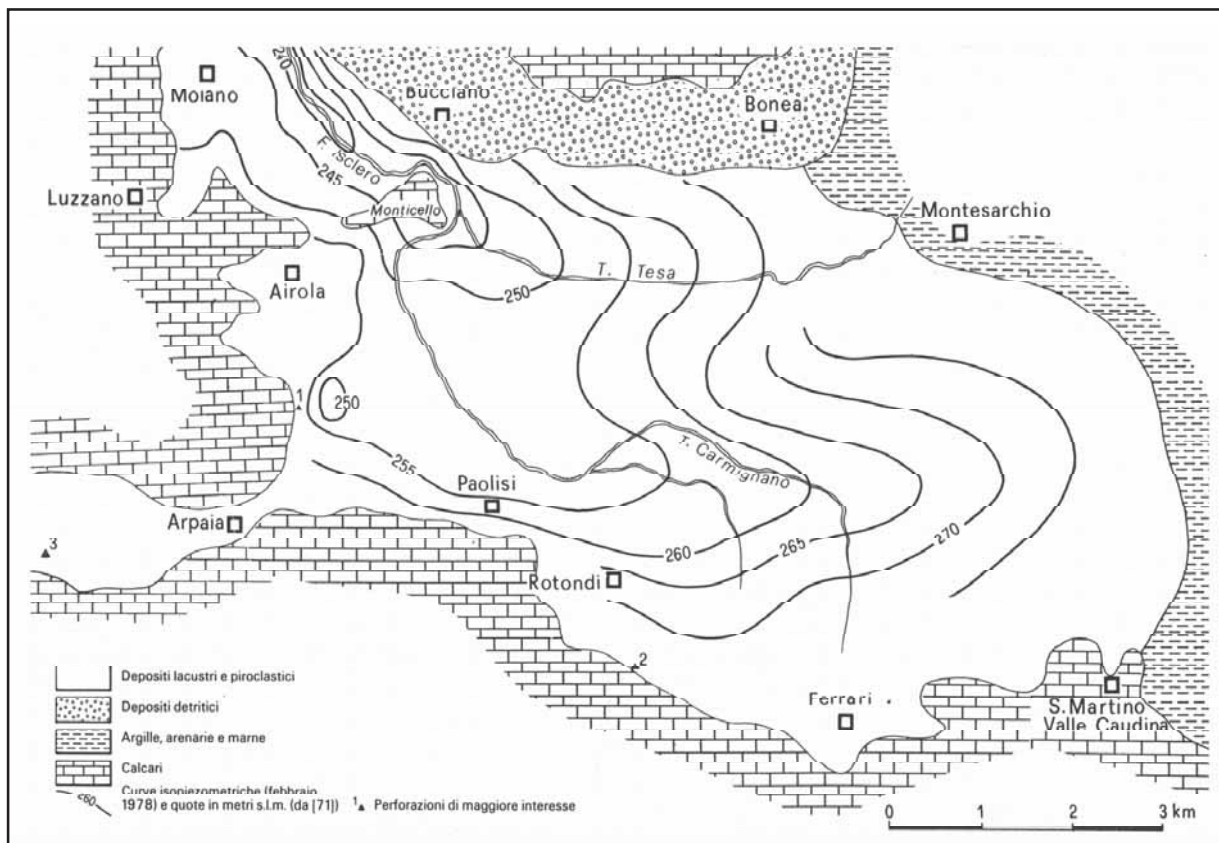


Fig. 2.1.2/1 - Unità idrogeologica della piana dell'Isclero (da CELICO, 1983)

Lungo il margine orientale della piana si rinvencono depositi poco permeabili caratterizzati da arenarie, marne siltose ed argille, appartenenti alle unità lito-stratigrafiche pre e tardo orogene (Unità di Caiazzo, di Altavilla ed Ariano).

Lungo il margine meridionale, sono presenti depositi detritici, posti alla base dei rilievi carbonatici dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano.

Lungo gli altri margini, occidentale e settentrionale, la piana risulta delimitata, rispettivamente, dai rilievi carbonatici dei Monti di Durazzano e dai depositi detritici pedemontani del versante meridionale del Monte Taburno.

Dal punto di vista idrogeologico, i depositi quaternari della piana dell'Isclero ospitano una falda idrica che può essere considerata unica a grande scala, di tipo freatico e, solo localmente, semiconfinata (ALLOCCA & GRASSO, 1998). Essa converge verso il fiume Isclero o, come avviene nel settore di interesse, verso i suoi tributari (torrente Tesa e Carmignano). Si registrano, infatti, notevoli incrementi di portata in alveo, pari a qualche centinaio di l/s, in magra, ed a diverse centinaia di l/s, in piena (CELICO, 1983; BUDETTA & DE RISO, 1982; ALLOCCA & GRASSO, 1998).

Detta falda, le cui quote si attestano mediamente tra 230 e 265 m s.l.m. circa, è caratterizzata da gradienti piezometrici compresi tra $1,0 \times 10^{-2}$ e $9,0 \times 10^{-2}$.

I valori più elevati si riscontrano in destra del fiume Isclero; ciò è legato, piuttosto che a fattori litologici, all'effetto indotto dai travasi idrici sotterranei provenienti dal massiccio carbonatico del Monte Taburno.

I rapporti tra la piana e la dorsale dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano risultano chiari dall'andamento delle curve isopiezometriche e, soprattutto, dai risultati di indagini idrogeologiche eseguite sul pozzo 2 di figura 2.1.2/1 (CELICO, 1983); quest'ultimo è infatti risultato pressoché sterile nonostante la perforazione sia stata spinta fin sotto il livello del mare, ossia fino a circa 30 m sotto la quota di sfioro (circa 30÷40 m s.l.m.) della falda di base del massiccio rappresentata dalle sorgenti di Cannello e di Sarno. Il fenomeno conferma la presenza di una complessa situazione strutturale profonda, a prevalente componente compressiva, già rilevata (CELICO & DE RISO, 1978) lungo il margine settentrionale dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano, tra gli abitati di Arpaia e Cannello.

Nell'ambito della piana esistono numerosi pozzi che utilizzano le acque di falda a servizio delle piccole utenze irrigue ed industriali locali. Ulteriori captazioni sono localizzate lungo il margine settentrionale della piana (campi pozzi del Fizzo e Pastorano); esse intercettano parte delle acque che alimentano le sorgenti del Fizzo. La risorsa, nel caso specifico, è utilizzata per scopo potabile.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Piana del Solofrana p.p.

Dei circa 55 km² della piana del Solofrana, solo la porzione del margine settentrionale (circa 15 km²) ricade nella provincia di Avellino. In tale settore, il corpo di piana risulta caratterizzato da sedimenti detritico-alluvionali e piroclastici incoerenti, granulometricamente molto eterogenei (da ghiaie a limi), a cui si intercalano orizzonti tufacei ascrivibili all'Ignimbrite Campana (Fig. 2.1.2/2a e b).

L'intera successione piroclastico-alluvionale poggia direttamente sul substrato carbonatico ed è, in alcuni casi, separata da esso per la presenza di terreni argilloso-arenacei, riconducibili alle unità litostratigrafiche neogeniche pre e tardo orogene, affioranti lungo il margine nord-orientale della piana.

I rilievi montuosi che circondano la piana sono caratterizzati dall'affioramento di rocce calcaree e calcareo-dolomitiche, con alla base, sovente, estese fasce detritiche altamente trasmissive.

I limiti idrogeologici sono rappresentati (CELICO, 1983), ad W, dal contatto con i rilievi carbonatici dei Monti del Partenio-Pizzo d'Alvano e, a NE, dalla presenza di ampie fasce detritiche che bordano le rocce calcaree dei Monti di Solofra.

In tale settore, l'assetto stratigrafico locale, benché variabile da zona a zona, è caratterizzato (CELICO *et alii*, 1991; DE RISO & DUCCI, 1992) dalla presenza di un substrato carbonatico profondo anche oltre i 300 metri dal p.c., a tetto del quale, a profondità compresa tra 50÷100 metri circa dal p.c., si rinvencono i depositi arenaceo-marnosi affioranti sui rilievi collinari posti a N di Montoro Inferiore. Lo spessore detritico-alluvionale e piroclastico presente in affioramento è variabile tra 50 e 150 m circa.

L'eterogeneità lito-stratigrafica dei depositi di piana si riflette sullo schema di circolazione idrica sotterranea (CELICO, 1983; CELICO *et alii*, 1991).

Nella porzione di territorio compresa tra gli abitati di Montoro e Solofra, si osserva una circolazione idrica sotterranea essenzialmente basale, connessa con il substrato carbonatico sepolto. Inoltre, si evidenzia chiaramente l'interconnessione idrogeologica esistente tra i Monti di Solofra e le propaggini meridionali dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano.

La falda idrica circolante nei depositi piroclastico-alluvionali di copertura risulta molto frazionata e, in alcuni casi, assente. I rapporti di interscambio tra quest'ultima ed il corso d'acqua sono limitati, poiché gran parte dell'alveo risulta rivestito, mentre, nei confronti dell'acquifero carbonatico profondo, sembrano esistere condizioni per un flusso diretto dall'alto verso il basso. Tuttavia, interposizioni di sedimenti arenaceo-argillosi, aventi spessore di diverse decine di metri (DE RISO & DUCCI, 1992; CELICO & PISCOPO, 1995) possono, laddove presenti, impedire e/o ostacolare tale fenomeno.



48 - Piana del Torrente Solofrana

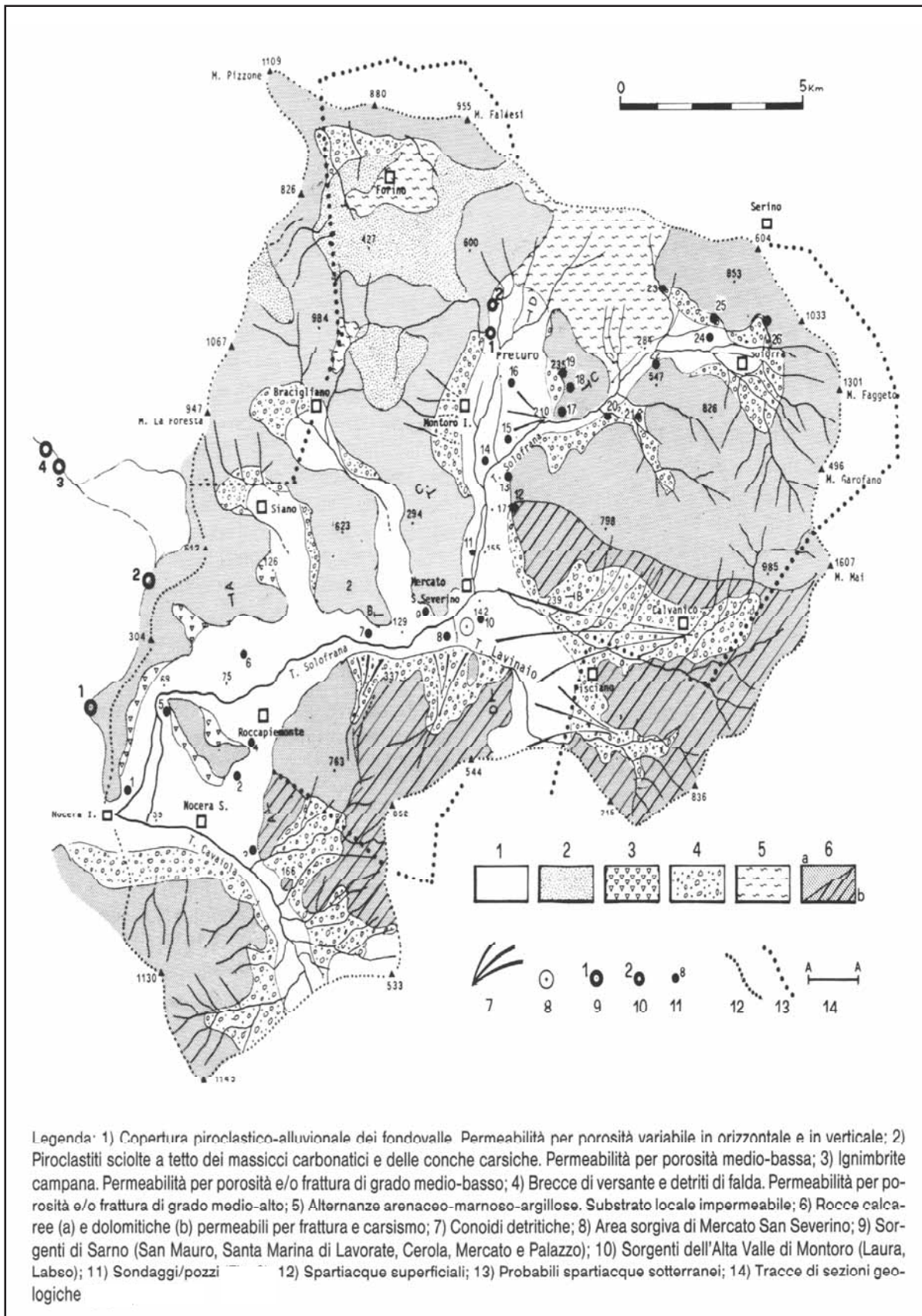


Fig. 2.1.2/2a - Schema della conca del Torrente Solofrana (da DE RISO & DUCCI, 1992).

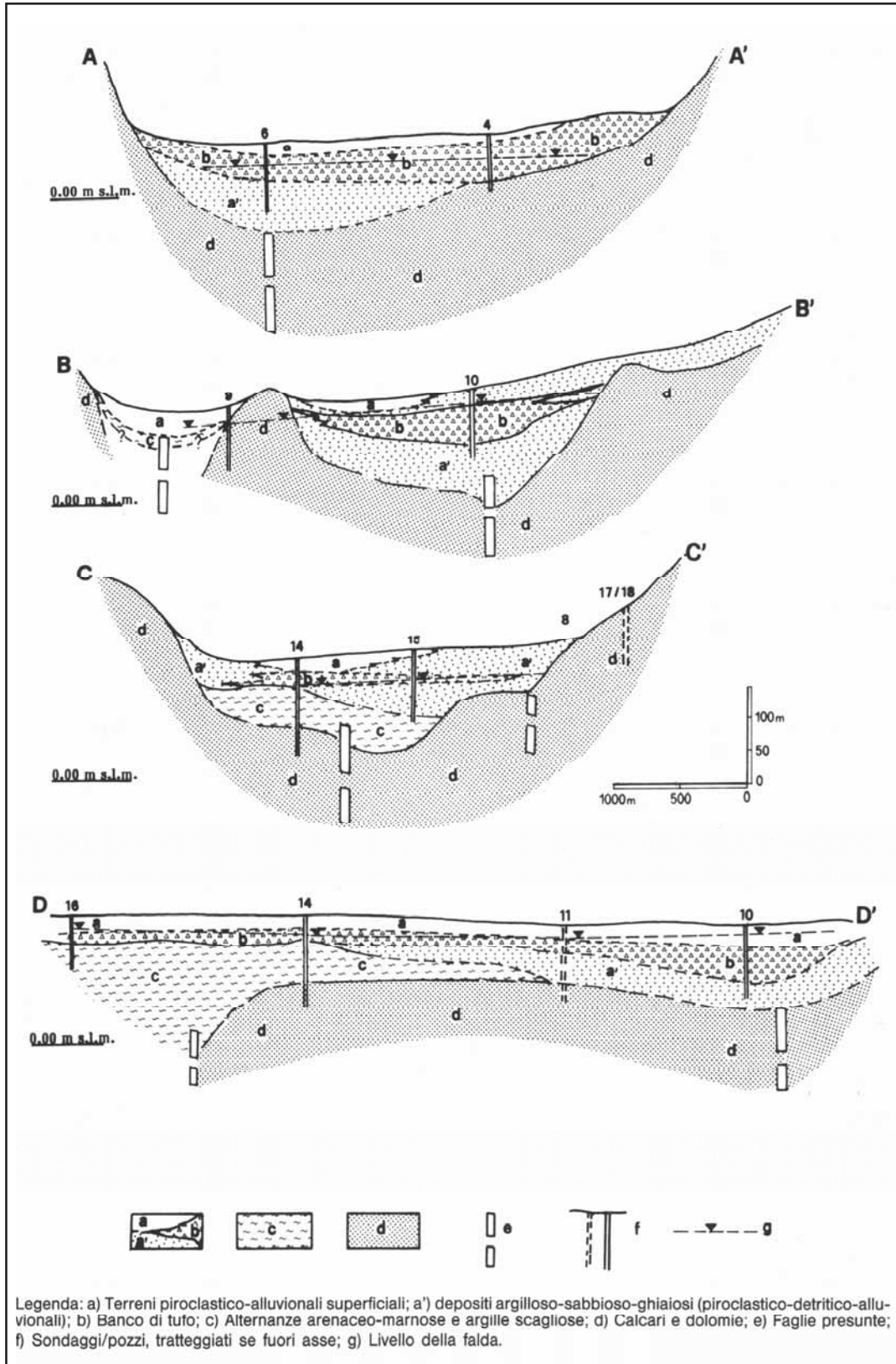


Fig. 2.1.2/2b - Sezioni idrogeologiche della conca del Torrente Solofrana (da DE RISO & DUCCI, 1992).

Le principali opere di captazione sono rappresentate dai numerosi pozzi presenti su tutto il territorio di piana. L'utilizzo delle acque sotterranee è limitato essenzialmente all'approvvigionamento agricolo ed industriale locale.

La maggior parte delle acque campionate dai pozzi attestati nella sequenza detritico-piroclastica, rientra nel campo delle bicarbonato-calciche tendenti alle bicarbonato-solfato-calciche. Tali caratteristiche idrochimiche sono ascrivibili, oltre che alla presenza di importanti travasi (CELICO, 1983) provenienti dalle idrostrutture carbonatiche dei Monti di Solofra e della parte settentrionale dei Monti di Salerno, anche all'esistenza del fenomeno di lisciviazione dei depositi piroclastici che colmano la piana.

Alcuni dati (CELICO *et alii*, 1991), relativi ai pozzi che intercettano l'acquifero detritico-piroclastico, consentono di evidenziare la presenza di valori di conducibilità delle acque piuttosto alti, variabili da 500 a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 2.1.2/3).

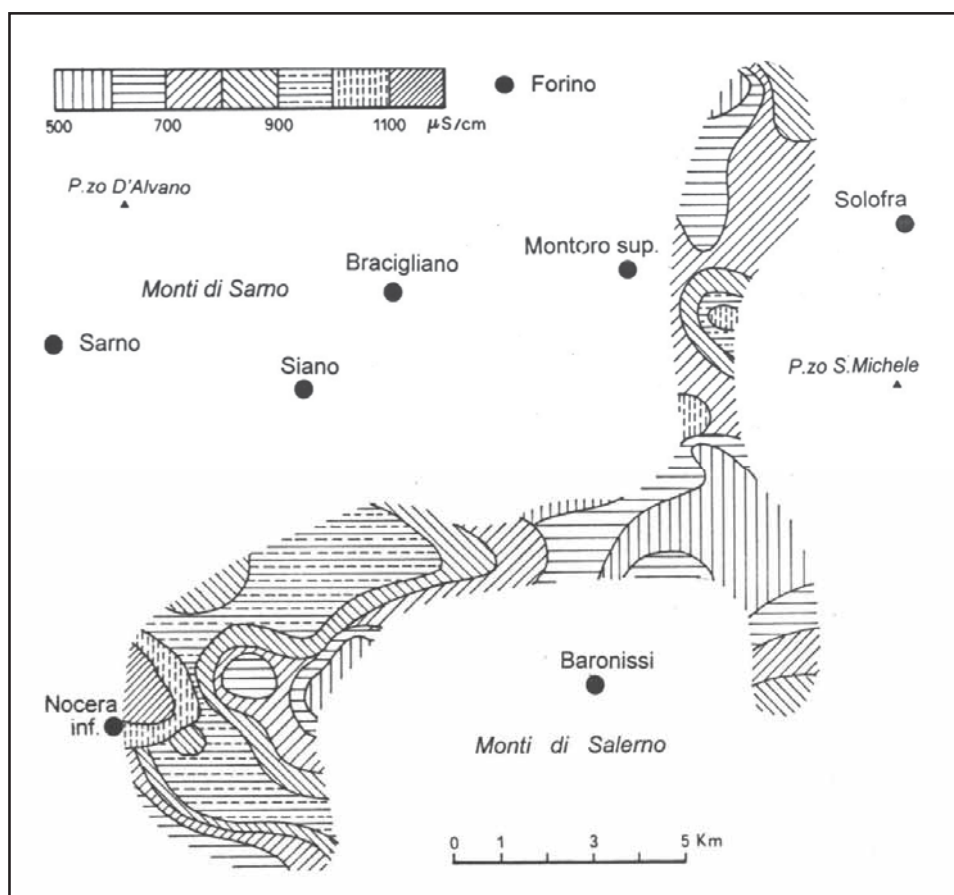


Fig. 2.1.2/3 - Carta della conducibilità elettrica delle acque sotterranee dell'acquifero alluvionale della piana del Solofra (da CELICO *et alii*, 1991).

Dalla relativa distribuzione areale, si evince un incremento del grado di mineralizzazione coerente con lo schema di circolazione idrica sotterranea, ossia con i tempi di deflusso delle acque nel sottosuolo. E' comunque da evidenziare come l'incremento del parametro conducibilità sia correlabile anche con le maggiori concentrazioni di cloruri, di nitrati, di nitriti e di ammonio (CELICO *et alii*, 1991), a testimoniare l'esistenza di uno stato di contaminazione generale della risorsa,

evidentemente legato all'intensa urbanizzazione del territorio ed all'elevato uso del suolo, per scopi sia agricoli sia industriali.

Diversa è la situazione (sia per quanto attiene alle ottime caratteristiche chimico-fisiche, sia per quanto riguarda l'assenza di indicatori di inquinamento) riscontrabile per i pozzi che, ubicati ai margini della piana, captano le acque del substrato carbonatico sepolto (come nel caso dei pozzi di Montoro Superiore, in località Chiusa e S. Pietro, che alimentano l'Acquedotto dell'Alto Calore).

N°	T °C	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	SO4 mg/l	F mg/l	dh °F	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO3 mg/l	K mg/l	Na mg/l
1	19.2	368	7.72	Ass.	Ass.	3.93	3.64	0.06	19.4	58.4	11.5	15.9	245	3.4	9.4
% Piper							1.67 meq/l	0.06 meq/l		61.6 meq/l	19.86 meq/l	9.88 meq/l	88.45 meq/l		18.99 meq/l
2	14.1	458	7.51	Ass.	Ass.	7.33	6.11	0.25	23.8	74.4	12.48	17.55	291.58	6.55	13.1
% Piper							2.36 meq/l			61.40 meq/l	16.98 meq/l	9.17 meq/l			21.62 meq/l

Tab. 2.1.2/1 - Dati idrochimici relativi ai pozzi di Montoro Sup. (1 e 2, rispettivamente, in località Chiusa e S. Pietro) e relative % di Piper

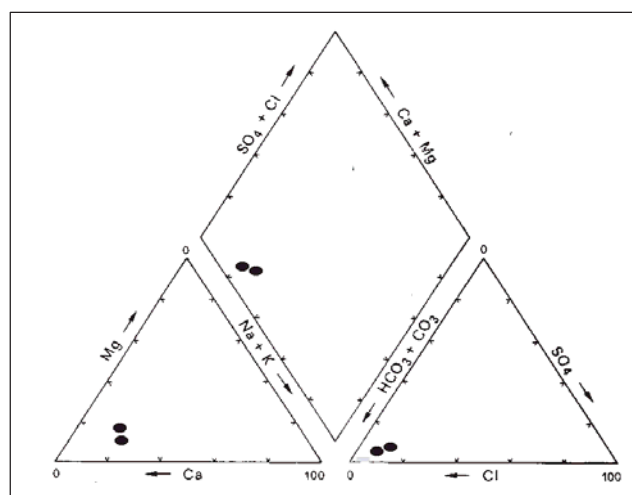


Fig. 2.1.2/4 - Diagramma di classificazione di Piper relativo alle acque dei pozzi di Montoro Sup., gestiti dall'Alto Calore Servizi.

Il diagramma di Piper (fig. 2.1.2/4), elaborato sulla base delle analisi riportate in tabella 2.1.2/1, mostra chiaramente l'origine carbonatica delle acque, essendo ascrivibili al campo delle bicarbonato-calciche. Esse presentano concentrazioni di sodio e potassio che raramente superano il 22% (cfr. Tab. 2.1.2/1) e tenori di solfati e cloruri generalmente inferiori al 10% (cfr. Tab. 2.1.2/1). Le concentrazioni di calcio si mantengono, di norma, più elevate di quelle del magnesio e, di conseguenza, il rapporto caratteristico $r\text{Mg}/r\text{Ca}$ assume valori costantemente inferiori all'unità ($0.27 \div 0.32$, in Tab. 2.1.2/1), ma molto prossimi a quelli delle acque circolanti in acquiferi carbonatici (CHIESA, 1994). Non si evidenziano fenomeni di contaminazione di tipo organico in atto o pregressi; infatti, le concentrazioni dei composti azotati sono nettamente inferiori ai limiti di legge, a conferma della eccellente qualità della risorsa circolante nell'ambito dell'acquifero carbonatico.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Area urbana di Avellino

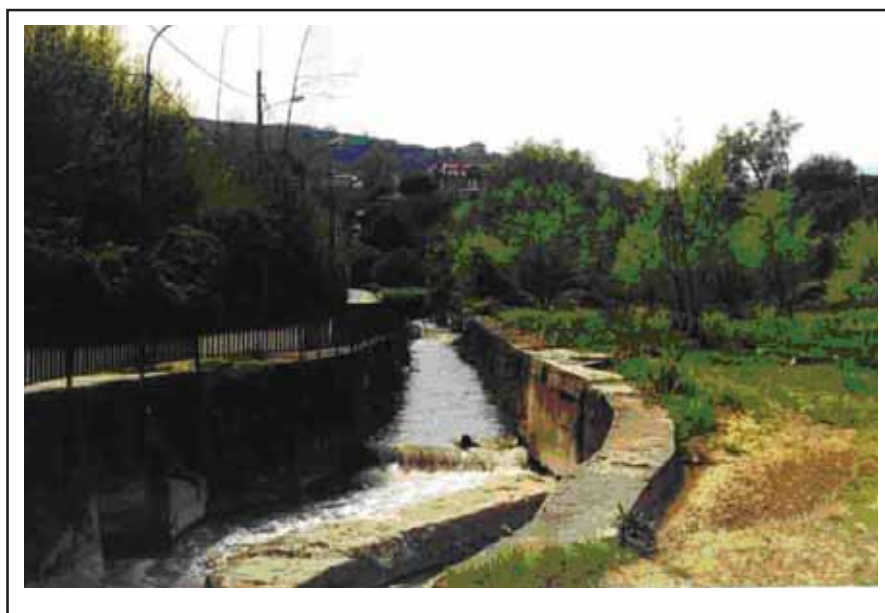
L'area urbana di Avellino (circa 10 km²) corrisponde ad una depressione morfo-strutturale, allungata in direzione E-W, delimitata dai rilievi carbonatici dei Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano, ad W e a S, e dai rilievi collinari arenaceo-marnoso-argillosi (Unità Irpine), a N e ad SE. Essa si estende lungo il medio corso del fiume Sabato, localmente rappresentato dal torrente Rigatore (Fig. 2.1.2/5).

I terreni più antichi dell'area urbana (GIULIVO & SANTO, 1997) sono ascrivibili ai depositi flyschoidi miocenici, di natura marnoso-argillosa, ed alle argille grigio-azzurre messiniane. I depositi flyschoidi si rinvencono, in affioramento, nella parte occidentale del territorio urbano e nella fascia di raccordo tra la piana e i rilievi carbonatici circostanti; le argille si rinvencono prevalentemente nella zona orientale.

Nella parte settentrionale e meridionale del centro urbano sono presenti estesi affioramenti di depositi conglomeratici terrazzati (*Conglomerati di Avellino*), di oltre 100 metri di spessore, derivanti da processi di degradazione delle unità flyschoidi mioceniche (GIULIVO & SANTO, 1997). Si tratta, in particolare, di puddinghe poligeniche, poco o punto cementate, immerse in una matrice prevalentemente argillosa. Il settore occidentale dell'area, invece, risulta in gran parte interessato da depositi piroclastici dell'Ignimbrite Campana, in facies sia incoerente sia litoide.

Tale formazione, di spessore massimo di alcune decine di metri, sembra colmare una zona di paleo-alveo del torrente Rigatore. In sovrapposizione ai depositi ignimbrici si rinvencono vulcanoclastiti incoerenti (ceneri, pomici, lapilli, etc.), appartenenti alle più recenti eruzioni vesuviane, nonché depositi detritico-alluvionali, recenti ed attuali, disposti in genere in lembi di limitato spessore.

Tali caratteristiche lito-stratigrafiche dei depositi di piana comportano, dal punto di vista idrogeologico, la presenza di un acquifero piroclastico-alluvionale e conglomeratico, limitato lateralmente e dal basso dagli anzidetti depositi flyschoidi marnoso-argillosi.



49 - Rio Fenestrelle

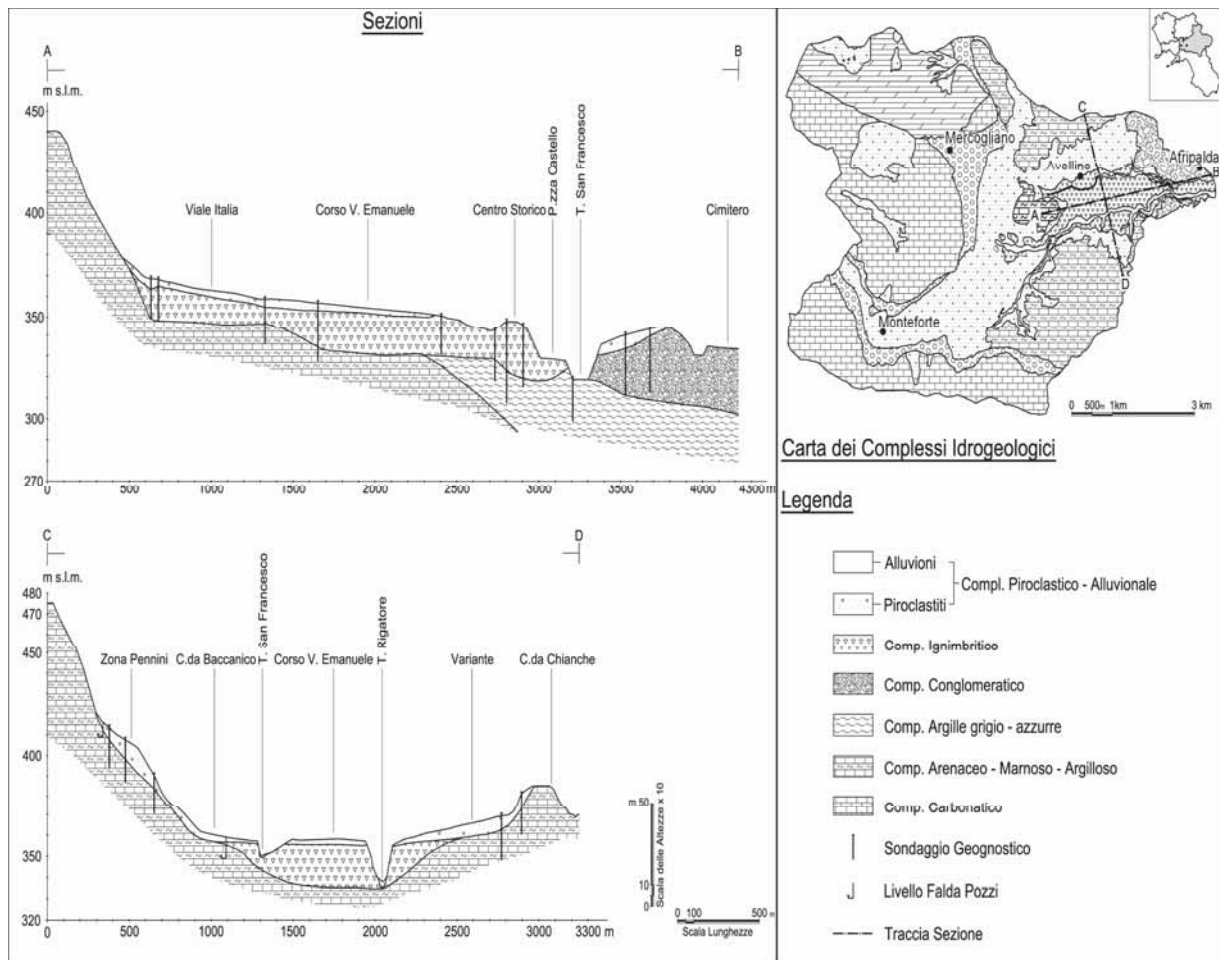


Fig. 2.1.2/5 - Schema idrogeologico e sezioni rappresentative della Piana del Torrente Rigatore (da AQUINO *et alii*, 2006).

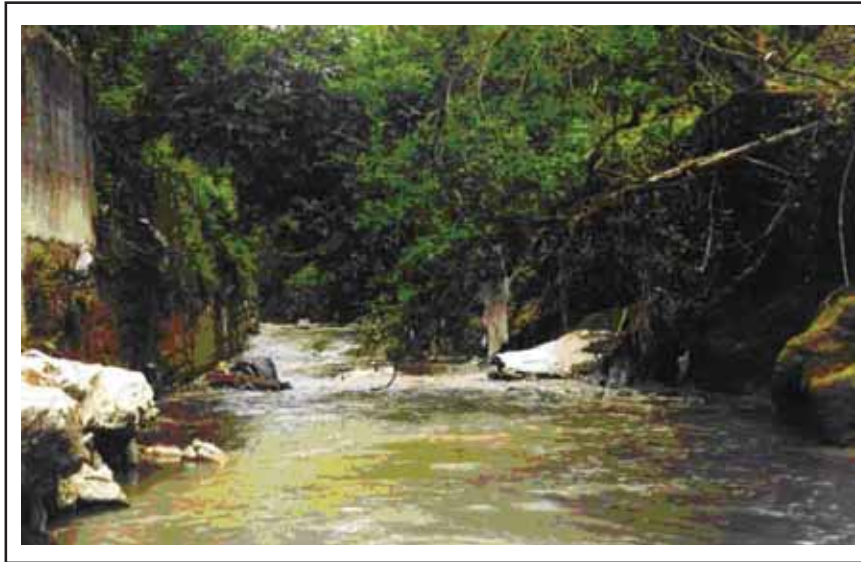
La circolazione idrica sotterranea, a grande scala, può essere considerata unica e generalmente di tipo freatico. Sebbene possano evidenziarsi soluzioni di continuità nel flusso idrico sotterraneo, la falda, laddove presente, circola preferenzialmente nei depositi piroclastico-alluvionali granulometricamente più grossolani, giustapposti all'Ignimbrite Campana. Le zone di recapito preferenziale sono coincidenti con il corso d'acqua principale.

Nella settore interessato dai depositi conglomeratici ghiaioso-argillosi, la circolazione idrica sotterranea risulta molto più frazionata. Sono presenti più falde sospese, alimentanti sorgenti stagionali e/o occasionali, oppure deflussi idrici sotterranei che direttamente trovano recapito nell'alveo dello stesso torrente Rigatore e/o del fiume Sabato.

Le principali opere di captazione sono rappresentate dai numerosi pozzi esistenti lungo le fasce alluvionali e detritico-piroclastiche dell'area di piana.

Le acque sotterranee vengono utilizzate a scopo agricolo ed industriale, per le diverse utenze locali.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".



50 - Torrente Rigatore in prossimità del centro urbano di Avellino

Alta Valle del Sabato

L'alta Valle del Sabato (circa 25 km²) risulta caratterizzata da una successione di depositi alluvionali, a matrice piroclastica, aventi granulometria molto eterogenea (ghiaie prevalenti, limi, argille e sabbie), poggianti su un substrato argilloso-marnoso-arenaceo impermeabile.



51 - Alta Valle del Sabato - Panoramica dal Monte Terminio

Quest'ultimo, ascrivibile alle unità lito-stratigrafiche pre e tardo orogene (BONARDI *et alii*, 1988), affiora, insieme alle Unità Sicilidi, lungo il margine occidentale e nord-orientale della piana (Fig. 2.1.2/6).

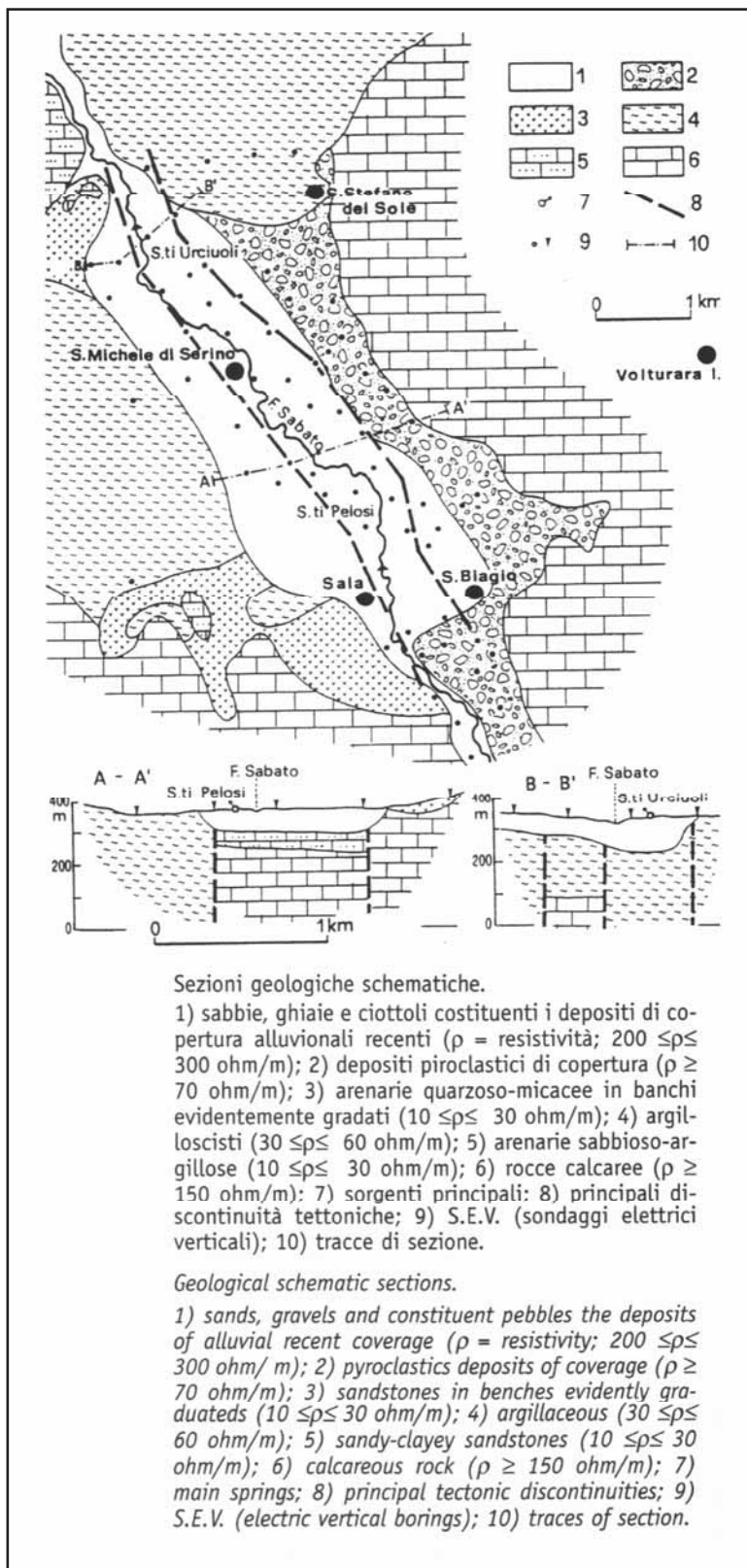


Fig. 2.1.2/6 - Carta Geologica dell'Alta Valle del Sabato (da ESPOSITO, 2001)

Lungo il settore orientale e meridionale, ampie fasce detritiche fanno da raccordo morfologico tra le alluvioni della piana ed i versanti carbonatici dei vicini rilievi del Terminio-Tuoro, ad E, e del Monte Accellica, a S.

I limiti idrogeologici dell'Alta Valle del Sabato sono rappresentati (CELICO, 1983) dai depositi detritici presenti alla base del rilievo del Monte Terminio-Tuoro, ad E ed a SE; lungo il margine occidentale, invece, il limite è rappresentato dal contatto con le rocce carbonatiche dei Monti di Solofra e con i depositi argilloso-marnoso-arenacei presenti nel settore centro-occidentale della piana.

Il corpo alluvionale, almeno nel settore centrale e meridionale della piana, è delimitato alla base dai depositi argilloso-arenacei riconducibili alle unità litostratigrafiche neogene pre e tardo orogene, poggianti direttamente sul substrato carbonatico.

Sulla base di dati stratigrafici e geofisici (ESPOSITO, 2001), è possibile evidenziare, in prossimità dell'area di affioramento delle sorgenti di Acquaro-Pelosi, un graduale sprofondamento, fino a qualche centinaio di metri dal p.c., del substrato carbonatico al di sotto della copertura alluvionale; sprofondamento che è riconducibile alla presenza di importanti discontinuità tettoniche, aventi andamento pressoché N-S. Analoga situazione lito-stratigrafica si riscontra nella zona delle sorgenti Urciuoli, dove il substrato carbonatico si approfondisce ulteriormente (Fig. 2.1.2/7).

Le anzidette caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei depositi di piana determinano, dal punto di vista idrogeologico, l'esistenza di una circolazione idrica sotterranea che, a grande scala, può considerarsi unica, di tipo freatico e, solo localmente, semiconfinato.

Il flusso idrico sotterraneo (Fig. 2.1.2/7), quasi ovunque poco profondo (alcune decine di metri dal p.c.), si sviluppa negli orizzonti acquiferi più superficiali, ossia nei depositi granulometricamente più grossolani (ghiaie e sabbie), coincidenti con le alluvioni più recenti.



52 - Fiume Sabato in prossimità delle sorgenti Urciuoli - S. Stefano del Sole

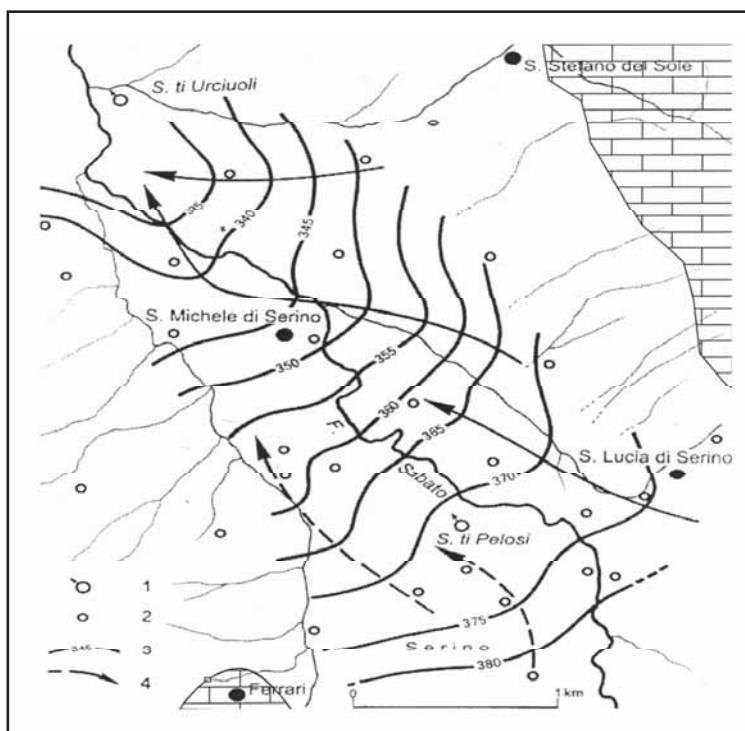


Fig. 2.1.2/7 - Carta a curve isopiezometriche dell'acquifero alluvionale dell'alta valle del Sabato (da ESPOSITO, 2001).

Il fiume Sabato rappresenta il punto di recapito preferenziale della falda; le acque sotterranee infatti convergono verso l'alveo principale o verso assi di drenaggio connessi con probabili paleo-alvei.

Tuttavia, in periodo di magra, possono verificarsi condizioni di deflusso nella sola falda in subalvea, soprattutto nel settore a monte delle sorgenti Acquaro-Pelosi, dove il fiume risulta praticamente asciutto. Viceversa, nella zona di stretta della piana, immediatamente a valle delle sorgenti Urciuoli, il fiume esercita sempre un'azione drenante, in quanto la sezione dell'acquifero tende a restringersi.

Quanto alle modalità di ricarica dell'acquifero, dall'analisi della carta a curve isopiezometriche (ESPOSITO, 2001), è evidente che la piana è alimentata, oltre che dalle acque di infiltrazione efficace diretta, dai travasi idrici sotterranei provenienti dal Monte Terminio-Tuoro; a questi ultimi è imputabile l'incremento del gradiente idraulico in destra idrografica. Infatti, laddove non si hanno apporti laterali, come in sinistra idrografica, tale fenomenologia non si rileva.

Ulteriori interscambi idrici diretti verso le alluvioni si possono registrare nel settore meridionale della piana, lungo il contatto con le rocce dolomitiche dei Monti Accellica-Licinici-Mai.

Le principali captazioni ricadenti nella piana riguardano le sorgenti di Serino (Acquaro-Pelosi ed Urciuoli), alimentate dalla falda di base del Monte Terminio-Tuoro. Le captazioni riguardanti la sola falda di piana sono rappresentate esclusivamente da pozzi utilizzati a scopo prevalentemente agricolo e industriale, a servizio delle piccole utenze locali.

Piana dell'Ufita

La piana del fiume Ufita (circa 35 km²) risulta caratterizzata da depositi detritico-alluvionali, granulometricamente molto eterogenei (ghiaie, sabbie, limi sabbiosi ed argille) costituenti, in parte, superfici spianate di antiche morfologie fluviali e ricoperti da depositi eluvio-colluviali, frammisti ad elementi vulcanici (Fig. 2.1.2/8).

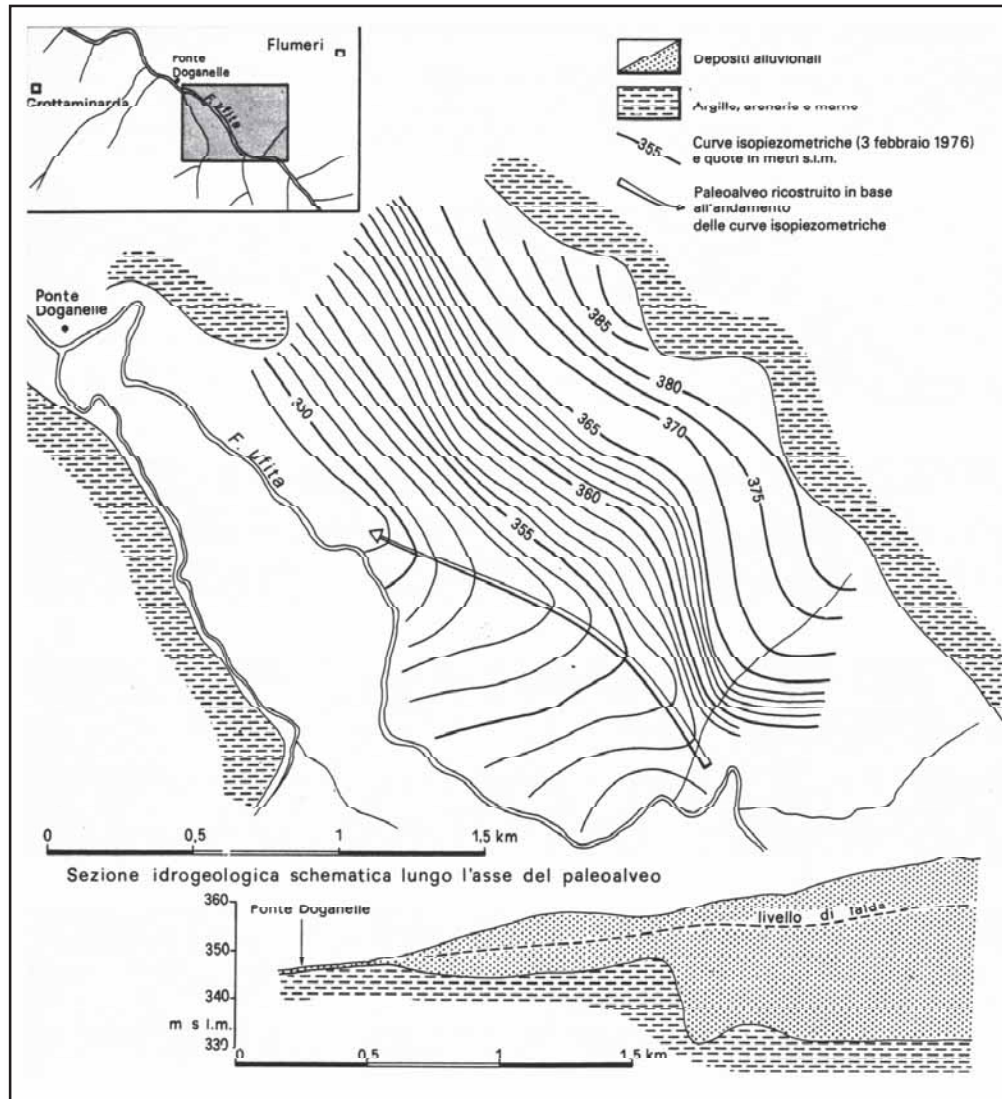


Fig. 2.1.2/8 - Carta a curve isopiezometriche dell'acquifero alluvionale della piana dell'Ufita e sezione idrogeologica schematica lungo l'asse del paleoalveo (da CELICO, 1983).

Nella parte settentrionale della piana si rinvencono, inoltre, depositi fluviali a granulometria prevalentemente sabbioso-ghiaiosa e, subordinatamente, conglomeratica.

Lungo il margine settentrionale affiorano, invece, depositi terrigeni impermeabili ascrivibili alla Formazione di Ariano, mentre lungo il settore meridionale si rinvencono affioramenti di terreni appartenenti al Bacino Lagonegrese.

Dal punto di vista idrogeologico, la piana è delimitata (CELICO, 1983):

-
- lungo il margine settentrionale, dal contatto con terreni argilloso-marnoso-arenacei e arenaceo-conglomeratici, riferibili principalmente alle unità litostratigrafiche neogeniche pre e tardo orogene;
 - a S, da depositi argilloso-marnosi appartenenti al Bacino Lagonegrese.

Lo spessore complessivo del corpo alluvionale è compreso fra 30 e 90 metri, nella zona tra le località Ponterotto e Pezza del Vescovo; esso si riduce a circa 10÷15 m nella zona di Ponte Doganelle (CELICO, 1983).

Le indagini geognostiche, idrogeologiche e geofisiche eseguite nell'area di piana hanno consentito di accertare la presenza di un acquifero caratterizzato da una geometria a catino (Fig. 2.1.2/8), avente un volume di riserve non inferiori a $0,20 \times 10^6 \text{ m}^3$, considerando un coefficiente di immagazzinamento pari a $2,0 \times 10^{-2}$ (CELICO, 1983).

La circolazione idrica sotterranea si articola secondo uno schema a falde sovrapposte; ciò è dovuto alla presenza di frequenti orizzonti poco permeabili, più o meno continui, intercalati a depositi alluvionali più grossolani (CELICO, 1983; PONTILLO & TAGLIALATELA, 1997).

Le più recenti ricostruzioni dello schema idrodinamico locale (PONTILLO & TAGLIALATELA, 1997) evidenziano, almeno per il settore centrale della piana, la presenza di due falde idriche, caratterizzate da gradienti piezometrici compresi tra 0,3 e 7%.

Entrambe le falde hanno una morfologia pseudo-radiale, convergente verso il corso d'acqua principale e/o il suo paleoalveo. I relativi rapporti di interscambio sembrano indicare l'esistenza di condizioni di alimentazione dalla falda superficiale verso quella profonda.

In merito ai rapporti falda-fiume, si evince che la falda superficiale alimenta il fiume, sia in destra che in sinistra idrografica.

La presenza di assi di drenaggio preferenziale, in direzione sub-parallela al fiume, sono riconducibili all'esistenza di probabili paleo-alvei dell'Ufita.

Le principali opere di captazione delle acque sotterranee sono rappresentate da numerosi pozzi ubicati su gran parte della piana ed, in particolare, nell'area di sviluppo industriale di Grottaminarda; le acque sotterranee sono destinate prevalentemente all'uso industriale ed agricolo.

Ulteriori elementi conoscitivi, in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle opere di captazione, sono contenuti in Appendice "A".

2.1.3 Acquiferi conglomeratici

Conglomerati di Luogosano e Paternopoli

L'area collinare compresa tra gli abitati di Luogosano e Paternopoli (circa 15 km^2) è costituita prevalentemente da depositi conglomeratici con, a luoghi, intercalazioni sabbioso-arenacee e argillose.

Detti depositi ospitano un acquifero che risulta ben tamponato, lateralmente ed alla base, da depositi argilloso-marnoso-arenacei impermeabili.

La circolazione idrica sotterranea è caratterizzata dalla presenza di una falda relativamente poco profonda, circolante, in condizioni generalmente freatiche, negli orizzonti granulometricamente più grossolani. La morfologia piezometrica ben si adatta all'assetto topografico del territorio. I recapiti preferenziali delle acque sono rappresentati da sorgenti, oltre che da incrementi diffusi in alveo lungo i fiumi Calore e Fredane, posti, rispettivamente, a S ed a N, della placca conglomeratica. Dette sorgenti, aventi portate

medie generalmente variabili da pochi l/s a qualche decina di l/s, sono caratterizzate da un regime, in alcuni casi, perenne, ed in altri, stagionale.

Il deflusso idrico sotterraneo risulta condizionato, oltre che dall'andamento plano-altimetrico della cintura impermeabile, anche dall'assetto strutturale e stratigrafico del territorio. Infatti, la presenza di locali intercalazioni argillose e/o di lineamenti tettonici posti in direzione perpendicolare al verso di deflusso delle acque, può favorire, seppure localmente, l'emergenza di una parte delle acque sotterranee.



53 - Campo pozzi in tenimento di Luogosano

La risorsa, captata sia a gravità sia mediante pozzi, è utilizzata per scopo potabile e, subordinatamente, irriguo e industriale, ma solo a servizio delle utenze locali.

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

Monti della Baronia

Il settore centrale dei Monti della Baronia (circa 30 km²), compreso tra gli abitati di S. Sossio Baronia e Flumeri, a N, e Vallata e Carife a S, è caratterizzato dalla presenza di depositi conglomeratico-sabbiosi, sovrapposti a depositi argilloso-sabbiosi impermeabili (Fig. 2.1.3/1 a, b).

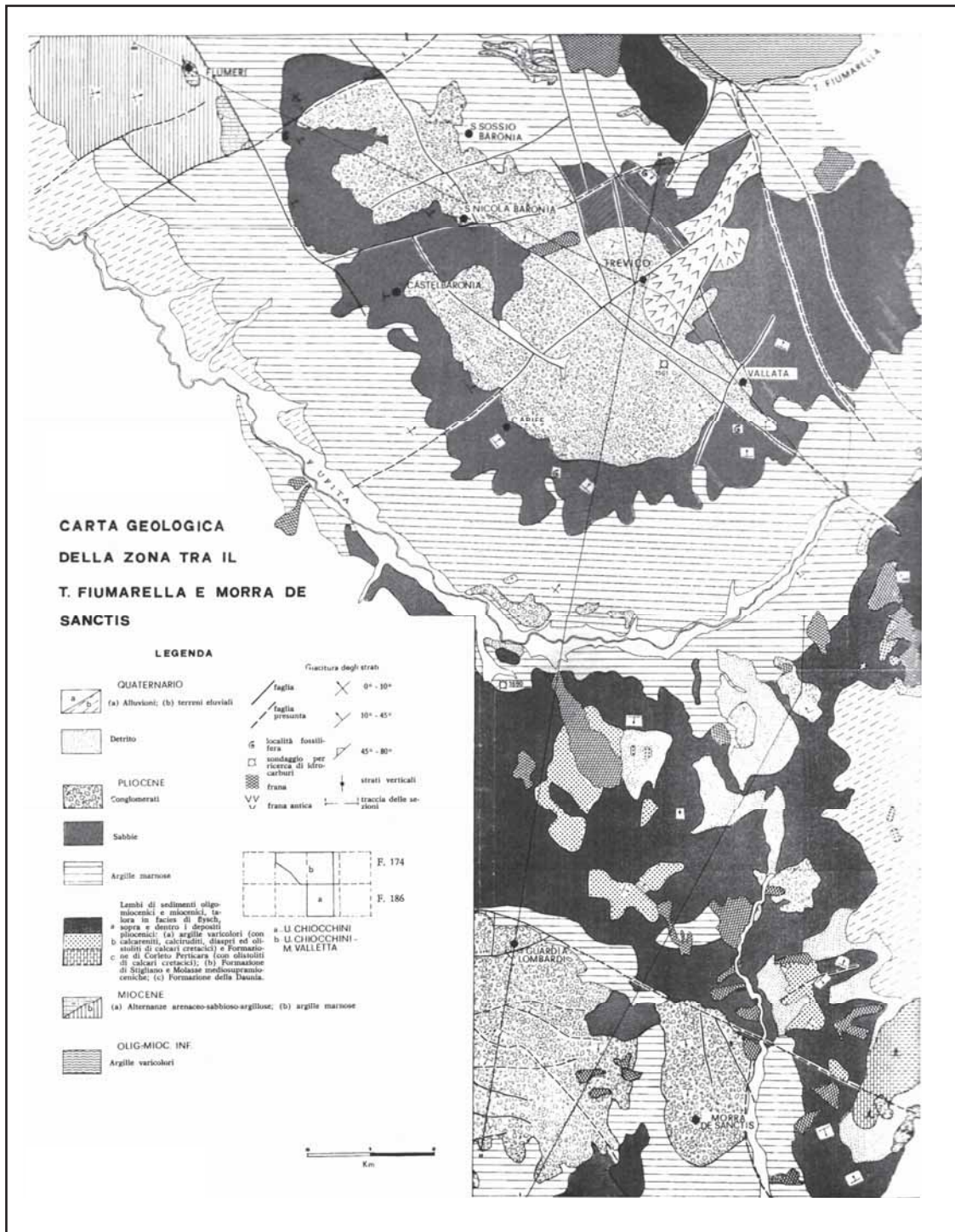


Fig. 2.1.3/1 a - Schema geologico dei Monti della Baronia (da CHIOCCINI *et alii*, 1971).

La circolazione idrica sotterranea, ben tamponata sia alla base sia lateralmente, è essenzialmente unica ed, in genere, di tipo freatico. Essa dà origine ad una falda, relativamente poco profonda, la cui morfologia ben si adatta all'assetto topografico esterno.

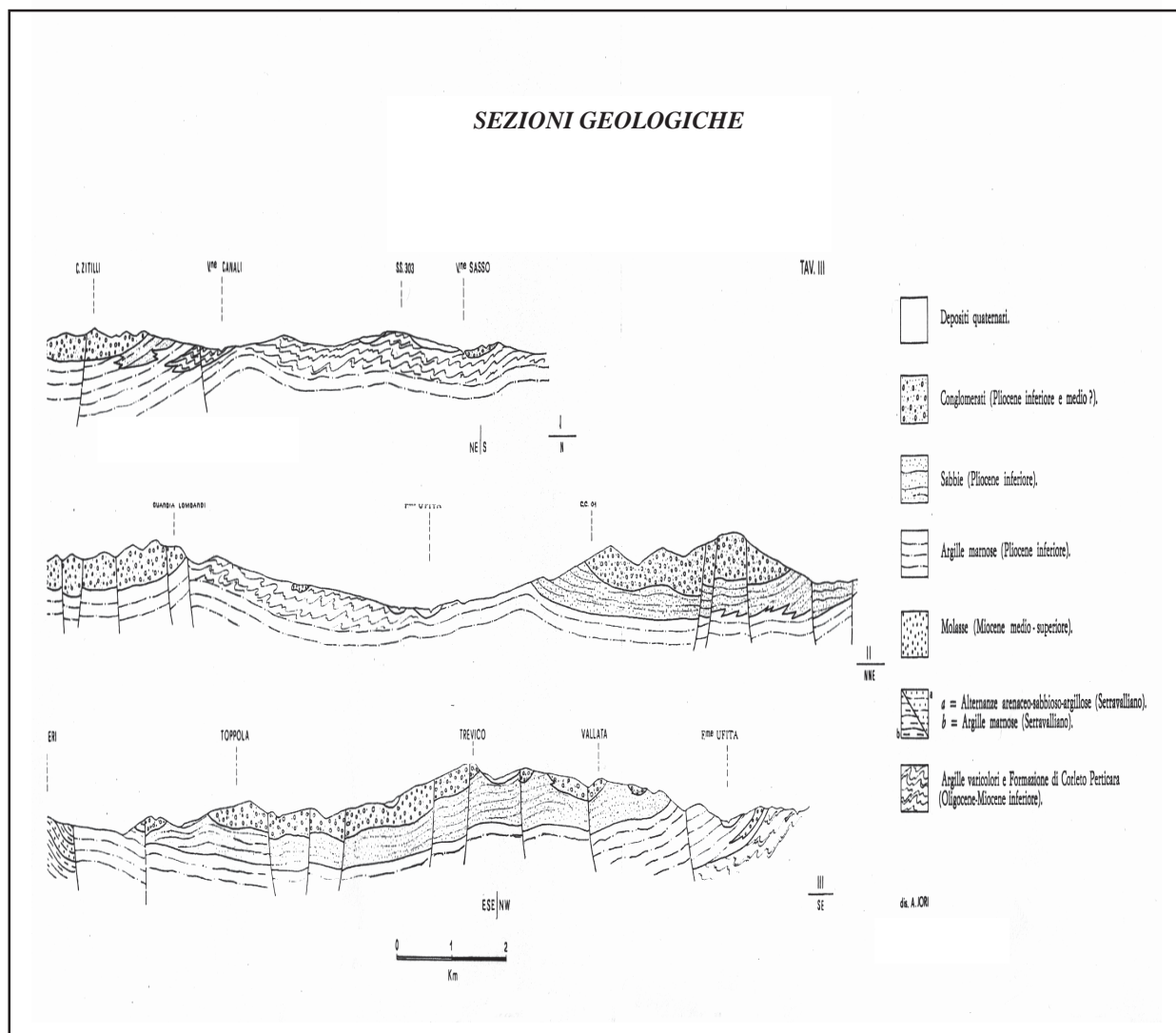


Fig. 2.1.3/1 b - Sezioni geologiche dei Monti della Baronia (da CHIOCCHINI *et alii*, 1971).

I punti di recapito preferenziale delle acque sotterranee sono rappresentati da sorgenti e/o incrementi diffusi in alveo, sia nel torrente Fiumarella, ad E, sia nell'alto bacino dell'Uffita, ad W. Gran parte delle sorgenti, aventi una portata media variabile da qualche l/s a qualche decina di l/s, risulta caratterizzata da un regime, in alcuni casi, perenne, ed in altri, stagionale; esse sono ubicate ai margini degli affioramenti conglomeratici, al contatto con i depositi argilloso-sabbiosi sottostanti e/o al loro interno.

Tra le principali scaturigini, si ricordano le sorgenti di Castel Baronia, di S. Nicola e di Trevico. Si tratta di sorgenti che, malgrado la non elevata potenzialità (dai 12,0 ai 0,2 l/s; cfr. Tab. 2.1.3/1), risultano particolarmente importanti per l'approvvigionamento idrico locale.



54 - Monti della Baronia

Denominazione	Quota (m s.l.m.)	Q (m ³ /s)			Note
		max	med	min	
Acquara	625	12,50	12,13	12,00	
Mulinello	605	6,00	5,08	4,50	
Tufara	620	7,00	6,29	6,50	
S. Nicola	740	2,00	1,00	0,70	
Calabrese	950	\	2,00	\	
Monsignore	980	1,60	1,00	0,70	
Pescara	950	0,25	0,23	0,15	
Capolongo	980	0,80	0,57	0,40	
Nocelle I-II-III	900+930	5,2	3,00	2,10	

Tab. 2.1.3/1 - Dati di portata delle principali sorgenti dei Monti della Baronia, ricadenti in provincia di Avellino.

Il deflusso idrico sotterraneo risulta condizionato, oltre che dall'andamento plano-altimetrico della cintura impermeabile, dall'assetto strutturale e stratigrafico del territorio.

La presenza di locali intercalazioni argillose e/o di lineamenti tettonici posti in direzione perpendicolare al verso di deflusso delle acque, può favorire, seppure localmente, l'emergenza di una parte delle acque sotterranee.

La risorsa, captata prevalentemente mediante opere di presa a gravità e/o mediante pozzi, è utilizzata per scopo potabile e irriguo, a servizio delle utenze locali.

Dal punto di vista chimico le acque campionate sono generalmente ascrivibili al campo delle bicarbonato-calciche, come evidenziato dal diagramma di classificazione di Piper (Fig. 2.1.3/2), elaborato sulla base dei dati riportati nella tabella 2.1.3/2.

Sorgente	T °C	C.E. (µS/cm)	pH	NH4 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	SO4 mg/l	F mg/l	dh °F	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO3 mg/l	K mg/l	Na mg/l
Acquara	14.3	461	7.3	Ass.	Ass.	13.2	5.51	0.60	23	84.4	4.56	19.8	307.4	5.45	15
% Piper							2.01 meq/l			69.83 meq/l	6.22 meq/l	9.78 meq/l	88.21 meq/l		23.95 meq/l
Tufara	13.8	405	7.35	Ass.	Ass.	9.12	4.09	1.67	21.9	77.6	6.0	18.10	285.5	5.4	16.03
% Piper							1.61 meq/l			65.65 meq/l	8.37 meq/l	9.68 meq/l	88.71 meq/l		25.98 meq/l
Mulinello	14.3	479	7.3	Ass.	Ass.	11.9	6.32	0.58	25	90	6	15.62	309.9	2.3	7.9
% Piper							2.33 meq/l			78.37 meq/l	8.61 meq/l	7.8 meq/l	89.87 meq/l		13.02 meq/l

Tab. 2.1.3/2 - Dati idrochimici relativi alle principali sorgenti dei Monti della Baronia e relative % di Piper

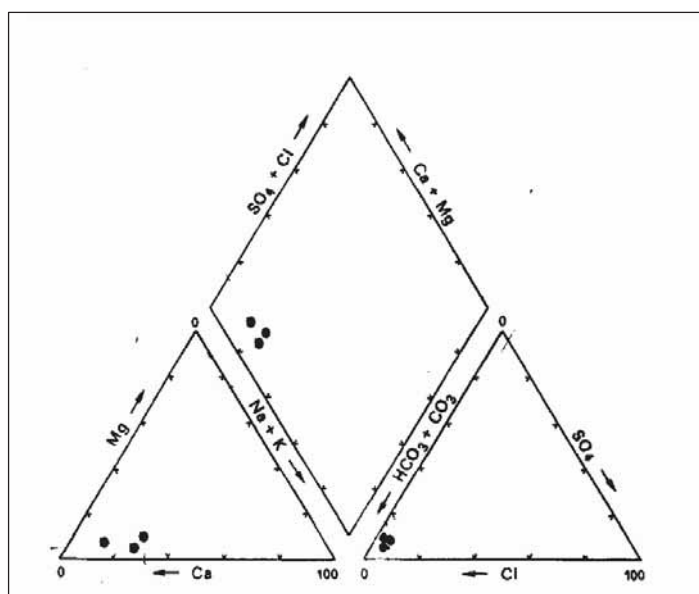


Fig. 2.1.3/2 - Diagramma di classificazione di Piper relativo alle sorgenti di Castelbaronia (1. Acquara; 2. Tufara; 3. Mulinello.).

Le acque campionate sono caratterizzate da concentrazioni di sodio e potassio minori del 30% circa e da tenori di solfati e cloruri compresi tra il 5 ed il 20% circa. Gli ioni alcalino-terrosi sono, ovviamente, sbilanciati a favore del calcio, come dimostra il valore

del rapporto caratteristico rMg/rCa costantemente inferiore all'unità ($0.50 \div 0.70$) e molto prossimo a quello sintomatico dell'attraversamento di rocce carbonatiche (CHIESA, 1994).

Molto bassi sono i valori della conducibilità elettrica ($< 500 \mu\text{S}/\text{cm}$, in Tab. 2.1.3/2), sintomatici di tempi di percorrenza delle acque di circolazione idrica sotterranea piuttosto brevi, in analogia con la sostanziale ridotta profondità della falda e, non di meno, con una concentrazione piuttosto bassa delle sostanze indice di inquinamento organico (composti dell'azoto e cloruri).

Ulteriori elementi conoscitivi in merito alle diverse caratteristiche idrogeologiche delle sorgenti e delle opere di captazione sono contenuti in Appendice "A".

2.2 Risorse termali e minerali

Nel territorio di Villamaina (vallone dei Bagni, fiume Fredane) e nella valle d'Ansanto (Rocca S. Felice), in un'area non vulcanica, ricadono alcune zone di particolare interesse termo-minerale. In tali settori, infatti, sono presenti numerosi recapiti sorgivi (CELICO *et alii*, 1982; ORTOLANI *et alii*, 1981; DI NOCERA *et alii*, 1999), tra cui le acque ipotermali di S. Teodoro e le sorgenti delle Mefite, queste ultime conosciute sin dall'antichità per motivi mitologici legati al mondo degli Inferi (GALDI, 1931). Dette risorse, aventi una potenzialità complessiva di alcune decine di l/s, sono attualmente utilizzate solo in minima parte per scopo termale.



55 - I soffioni del Lago d'Ansanto

56 - Terme di S. Teodoro - Villamaina

Ricerche idrogeologiche, idrochimiche e isotopiche (CELICO *et alii*, 1982; ORTOLANI *et alii*, 1981; DI NOCERA *et alii*, 1999), hanno consentito di accertare quanto segue:

- le acque calde di S. Teodoro risultano caratterizzate da una facies di tipo *bicarbonato-solfato-calcica*, con temperature variabili da 11 a 28 °C e con valori di C.E. compresi tra 800 e 1686 $\mu\text{S}/\text{cm}$; il pH è variabile tra 6,5 e 7,5 e si registra una elevata presenza di CO₂ (valori compresi tra 140 e 211);
- le acque delle Mefite risultano invece caratterizzate da una facies *solfato-calcica*, con temperature comprese tra 10 e 18 °C e con valori di C.E. compresi tra 1.800 e 5.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sono altresì caratterizzate da un pH

variabile tra 2 e 3,6, da elevati contenuti in CO₂ (580 mg/l), da valori di SO₄ superiori a 3750 mg/l e alti contenuti di cloro (239 mg/l), stronzio (2,84 mg/l) e litio (0,21). Risultano praticamente assenti i bicarbonati.



57 - Le Mefite della Valle d'Ansanto - Rocca S. Felice

Sulla base dei dati idrochimici, si evince che le acque termali di S. Teodoro sono indicative di circuiti idrici sotterranei lenti e profondi (U.T. pari a $2,0 \pm 1$) in rocce prevalentemente carbonatiche, come sembrano confermare anche i valori dei rapporti caratteristici (rMg/rCa : 0,56 e rSr/rCa : 0,005). Tali acque sarebbero il risultato di un mescolamento tra deflussi idrici sotterranei circolanti nei calcari della formazione del Flysch Rosso (figg. 3-1a e b), affioranti nelle aree adiacenti alla zona termo-minerale e flussi idrici profondi in ascesa dal substrato carbonatico profondo (appartenente alla piattaforma abruzzese-campana), che, proprio nella zona sorgiva, forma un alto strutturale posto a circa 700 m di profondità dal p.c., ricoperto da depositi silico-marnoso-argillosi e arenaceo-evaporitici (ORTOLANI & APRILE, 1976).

La risalita avverrebbe lungo linee preferenziali (Fig. 2.2/1) connesse con l'assetto strutturale regionale e locale dell'area (CELICO *et alii*, 1982). Lungo le stesse direttrici tettoniche ci sarebbe anche l'ascesa di vari elementi gassosi (in particolare, CO₂ e H₂S), di probabile origine organica, derivanti dai sottostanti terreni evaporatici del Bacino Molisano (CELICO *et alii*, 1982; BUDETTA *et alii*, 1988).

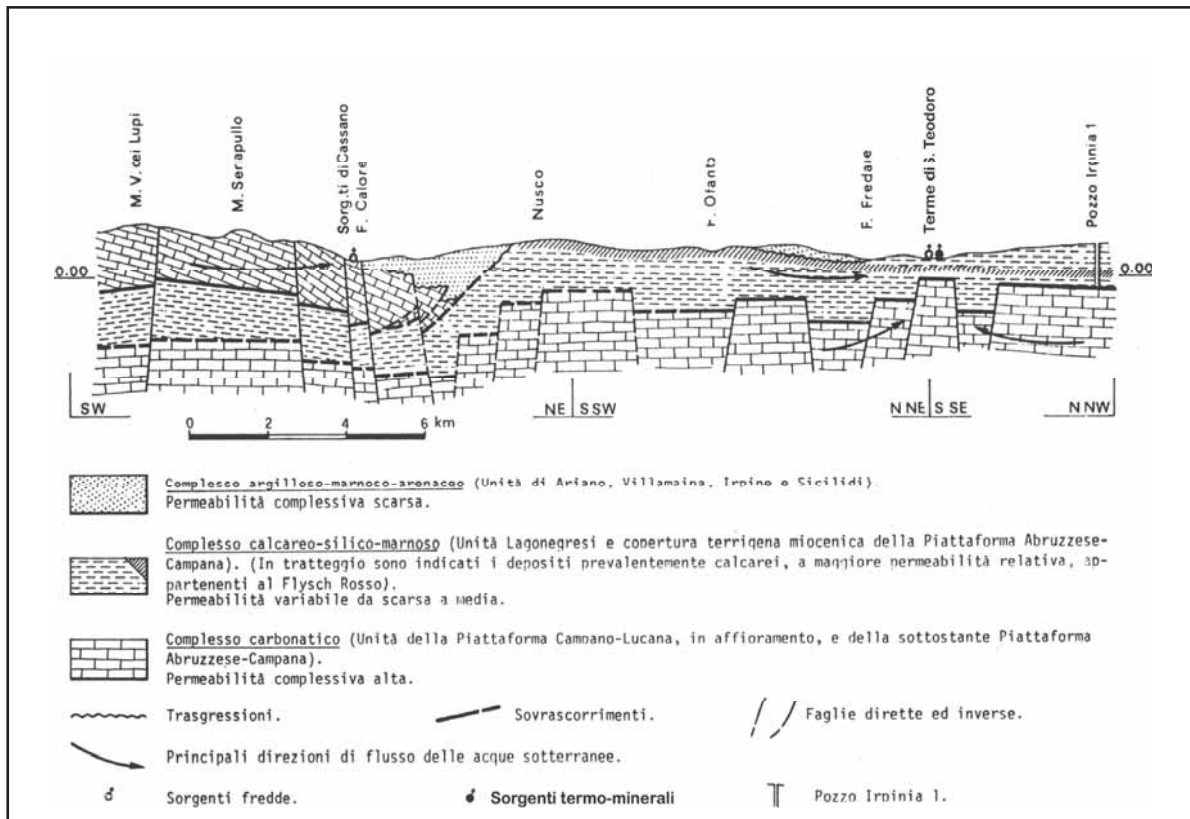


Fig. 2.2/1 - Schema idrogeologico concettuale dell'area di alimentazione delle sorgenti di S. Teodoro e delle Mefite (da CELICO *et alii*, 1982).

Le temperature delle acque profonde all'interno della roccia-serbatoio, determinate con diversi geotermometri (silice, Na-K-Ca e $\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$), sono risultate variabili tra 51 e 82 °C circa.

Tuttavia, altri Autori ipotizzano, nell'ambito del modello di circolazione idrica sotterranea, che il bacino di alimentazione di dette sorgenti sia situato nei Monti Picentini (ORTOLANI *et alii*, 1981), ovvero nei Monti della Daunia (DI NOCERA *et alii*, 1999).

Quanto alle acque delle sorgenti delle Mefite, le caratteristiche idrochimiche indicano la presenza di un deflusso idrico sotterraneo in terreni prevalentemente argillosi ed evaporitici. Deflusso che, all'emergenza, risulterebbe interessato da emanazioni gassose ad alta pressione, costituite in prevalenza da CO_2 , CH_4 e H_2S , di origine profonda (ORTOLANI *et alii*, 1981).

I valori anomali nella composizione isotopica delle acque sorgive sembrano essere dovuti a scambi isotopici fra le acque sotterranee ed i gas. In particolare, il valore fortemente negativo di $\delta^{18}\text{O}$ (pari a $-15,8$) è ascrivibile alla presenza di CO_2 che, essendo di origine organica, risulta impoverita in $\delta^{18}\text{O}$, mentre il valore relativamente più positivo di δD (pari a -5) sarebbe riconducibile allo scambio isotopico tra le acque CH_4 e H_2S di origine profonda (ORTOLANI *et alii*, 1981).

Per le stesse acque, i vari geotermometri indicano valori di temperatura al serbatoio molto più elevati, compresi tra 73 e 147 °C (ORTOLANI *et alii*, 1981). I più bassi valori di temperatura all'emergenza possono essere dovuti a fenomeni locali di raffreddamento, legati ad espansione dei gas che vengono liberati nell'atmosfera.

Un ulteriore settore, di particolare interesse termo-minerale, è situato a pochi chilometri a N della città di Avellino, nel comune di Grottolella, in località *Pozzo del Sale*.

In tale settore affiorano acque sotterranee, per una portata complessiva di qualche l/s, caratterizzate da una facies *clorurato-alkalina* e da un'elevatissima mineralizzazione (CE pari a 49.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Il chimismo è caratterizzato dalla presenza predominante di Na (pari a circa 36.500 mg/l), Cl (circa 56.284 mg/l), SO_4 (circa 4.337 mg/l) e Ca (circa 1.013 mg/l). Le temperature risultano pari mediamente a 11 °C ed il pH variabile da 7,2 a 8,0.



58 - Perforazione a monte della sorgente Pozzo del Sale - Grottolella

Tali caratteristiche idrochimiche sembrano indicare la presenza di circuiti idrici sotterranei, lenti e profondi, in rocce argilloso-marnose ed evaporitiche costituenti il substrato, in ascesa lungo i principali lineamenti tettonici dell'area.

Sono significative inoltre le variazioni temporali del chimismo di tali acque, in quanto testimoniano la presenza di probabili mescolamenti con circuiti più superficiali, a deflusso breve e veloce, all'interno delle stesse rocce arenaceo-marnoso-argillose ivi affioranti.

Allo stato attuale, tali acque risultano non captate. E' tuttavia in corso un'ampia ricerca sperimentale, interdisciplinare, promossa dall'Amministrazione Provinciale di Avellino, finalizzata all'affinamento del modello concettuale di idrodinamica sotterranea responsabile della genesi di tali acque ed alla rivalutazione, nonché al recupero, della risorsa per eventuali nuove utilizzazioni future.

2.3 Monitoraggio finalizzato alla gestione ottimale delle risorse idriche: la rete meteoclimatica, idrogeologica ed ambientale del Monte Terminio-Tuoro

Essendo ormai noto che l'acqua rappresenta una risorsa naturale limitata e vulnerabile ed essendo da tempo in atto l'effettivo sovrasfruttamento di molte fonti, alcuni enti gestori di acquedotti hanno posto in essere varie iniziative finalizzate a consentire una gestione integrata ed ottimale delle risorse idriche.

Tra queste iniziative, il ricorso a sistemi di monitoraggio ambientale può consentire di prevenire il degrado quantitativo e qualitativo degli acquiferi, assicurando la sicurezza dell'approvvigionamento idrico.

Per tale motivo, l'Alto Calore Servizi S.p.A., uno dei principali enti acquedottistici operanti sul territorio in esame, ha realizzato, sul massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro, una rete di monitoraggio finalizzata alla sistematica acquisizione dei dati idrogeologici, meteoclimatici ed ambientali (Fig. 2.3/1a e b).

Stazioni o apparecchiature	Comune	VV	DV	UR	RS	EV	PA	PR	TA	Q	M	LI	LF	Hn	Pannello solare	Alimentazione rete	Ripet.	Computer
Staz. Meteorol. S - 1	S. Mango sul Calore			1		1		1	1									
Staz. Meteorol. S - 2	Chiusano S.D.			1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 3	Montemarano	1	1	1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 4	Sorbo Serpico			1	1	1	1	1	1	1	1				1			1
Staz. Meteorol. S - 5	Monte Terminio	1	1	1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 6	S. Stefano d. Sole			1		1	1	1	1		1				1			1
Staz. Meteorol. S - 7	Manocalzati			1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 8	Volturara I.			1		1	1	1	1		1				1			1
Staz. Meteorol. S - 9	Cassano I.			1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 10	Montella - M. Serrapullo	1	1	1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 11	Montella - riet. Russola	1	1	1	1	1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 12	Montella - SS. Salvatore	1	1	1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 13	Serino			1	1	1	1	1	1				1	1				1
Staz. Meteorol. S - 14	Montella - Accèllica			1		1	1	1	1						1			1
Staz. Meteorol. S - 10	Mercogliano	1	1	1	1	1	1	1	1						1			1
Staz. Idrogr. SI - A	Montella - Fiume Calore										1				1			
Staz. Idrogr. SI - B	S. Mango sul Calore - F. Calore										1				1			
Staz. Idrogr. SI - D	S. Michele di Serino - F. Sabato										1				1			
Staz. Idrogr. SI - G	Manocalzati - F. Sabato										1				1			
Staz. Ripetit. R 1	Ripetitore radio Montevergine															1	1	
Staz. Ripetit. R 2	Ripetitore radio M. Serrapullo															1	1	
CED - Stazione Grafica	Avellino - Alto Calore																	1
CED - P.C. Acquis. ed elabor.	Avellino - Alto Calore																	1
CED - P.C. portatile	Avellino - Alto Calore																	1
CED - P.C. operat. di sist. n° 1	Avellino - Alto Calore																	1
CED - P.C. operat. di sist. n° 2	Avellino - Alto Calore																	1
CED - P.C. operat. di sist. n° 3	Avellino - Alto Calore																	1
Colleg. ti Ufficio Idrografico.	Napoli U. Idrograf. e Mareograf.																	1

L E G E N D A	
VV	Sensore velocità vento
DV	Sensore direzione vento
UR	Sensore umidità relativa
RS	Sensore radiazione solare
EV	Sensore evaporimetrico
PA	Sensore pressione atmosferica
PR	Sensore precipitazioni
TA	Sensore temperatura aria
Q	Misuratore di portata elettromagnetico
M	Sonda multiparametrica
LI	Sensore livello idrometrico
LF	Sensore livello limnometrico
Hn	Sensore altezza manto nevoso
Pannello Solare	Alimentazione della stazione
Alimentazione Rete	Alimentazione della stazione
Ripetitore	Ripetitore radio V.H.F.

Fig. 2.3/1a - Schema dei sensori della rete di monitoraggio del Terminio-Tuoro (da AQUINO, 2001)

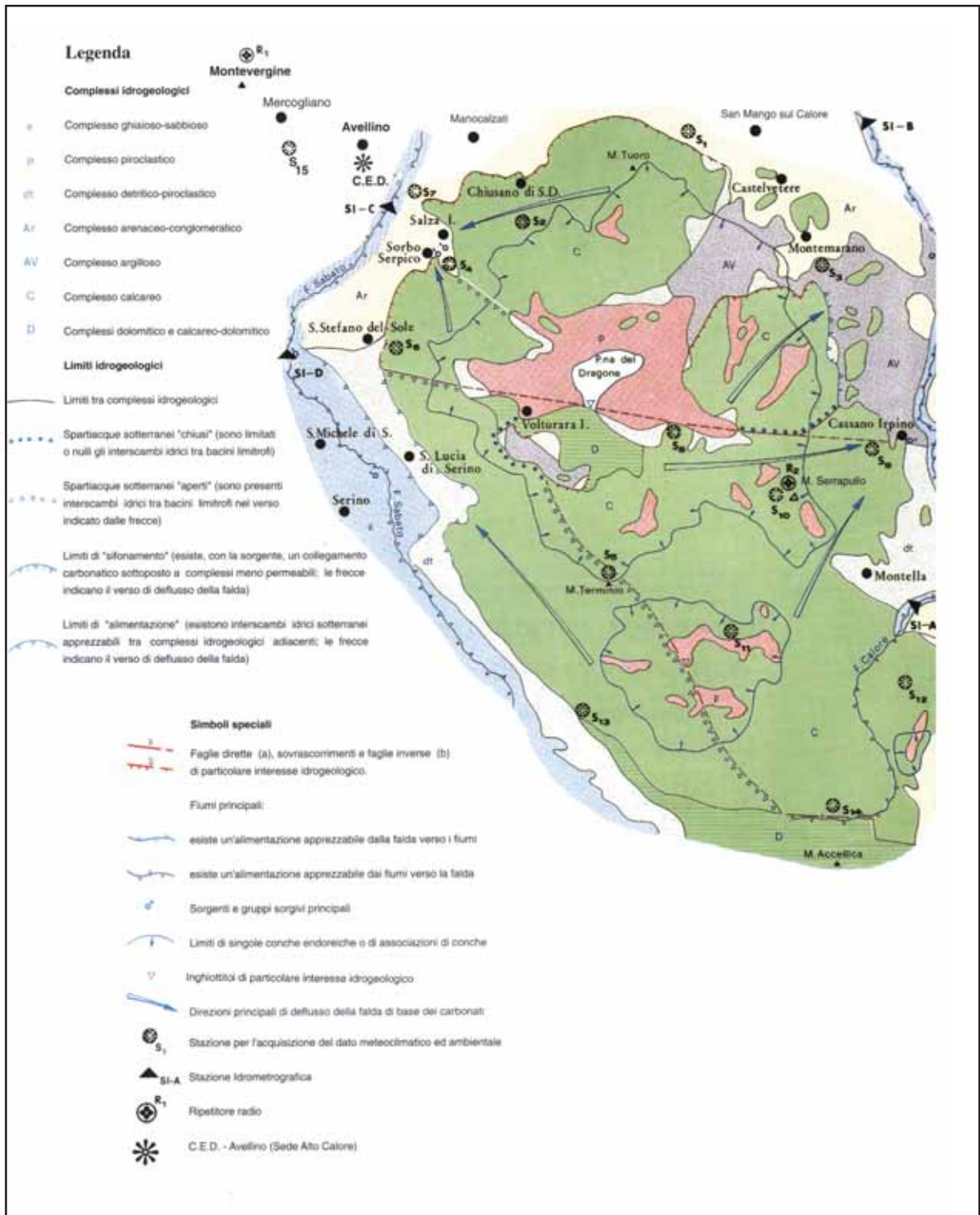


Fig. 2.3/1b - Schema idrogeologico e rete di monitoraggio del Termino-Tuoro (da CELICO *et alii*, 1994, mod. da Aquino, 2001).

La rete, funzionante dal 2000, utilizza sofisticate apparecchiature, alimentate da pannelli fotovoltaici ed installate anche ad alta quota, per la registrazione, in continuo, dei dati indispensabili per una corretta definizione analitica del bilancio idrologico.



59 - Stazione meteoclimatica vetta del Monte Terminio

I parametri più significativi che vengono monitorati sono: la direzione e la velocità del vento, l'umidità relativa, le precipitazioni, la temperatura (dell'aria e dell'acqua), la pressione atmosferica, l'evapotraspirazione, l'altezza del manto nevoso, l'irraggiamento solare, il livello idrometrico dei principali corsi d'acqua (il fiume Calore ed il fiume Sabato), le portate idriche delle sorgenti captate e, per finire, il livello piezometrico in tutti i pozzi perforati dall'Alto Calore Servizi S.p.A. nell'ambito dell'idrostruttura in esame.

In dettaglio la rete è composta da quindici stazioni meteoclimatiche e quattro idrometriche, disposte sul territorio d'interesse in modo da realizzare un insieme ben distribuito altimetricamente e planimetricamente.

Le quattro aste idrometriche sono ubicate sul fiume Calore (n° 2 stazioni; Fig. 2.3/1a) e sul fiume Sabato (n° 2 stazioni; Fig. 2.3/1a).

Le stazioni meteoclimatiche ubicate in corrispondenza della quota più bassa e più alta dell'intero bacino sono localizzate, rispettivamente, all'interno dell'impianto di depurazione di Manocalzati (AV), alla quota di 193 m s.l.m. e sul monte Terminio, alla quota di 1.700 m s.l.m.



60 - Stazione idrometrica fiume Sabato - Manocalzati

Nei pozzi sono inoltre installate delle sonde multiparametriche per il rilievo della temperatura, del pH, dell'ossigeno disciolto, della torbidità, della conducibilità elettrica e del potenziale redox.

I dati acquisiti, opportunamente elaborati, consentono:

1. di migliorare le conoscenze sulle metodologie di calcolo dei bilanci idrologici nei massicci carbonatici dell'intero Appennino meridionale; calcoli che oggi sono largamente approssimati per l'assenza di una significativa rete di monitoraggio termopluviometrico di alta quota e di un significativo numero di apparecchiature utili per la misura dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale;
2. di definire gli interscambi idrici sotterranei tra fiumi e falde;
3. di verificare lo stato qualitativo delle acque prelevate da tutti i campi pozzi realizzati nell'ambito della idrostruttura del Terminio-Tuoro fornendo pertanto l'opportunità, all'ente acquedottistico, di gestire, non in condizioni di emergenza, il "rischio" derivante dal potenziale verificarsi di fenomeni di contaminazione e/o di inquinamento delle acque di falda.

La rete di monitoraggio è pure interconnessa con il Servizio di Protezione Civile della Regione Campania.

2.4 Vulnerabilità intrinseca all'inquinamento degli acquiferi

2.4.1 Approccio metodologico e criteri di analisi

La complessità idrogeologica del territorio della provincia di Avellino ha reso necessario, ai fini di una corretta valutazione del grado di vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dei diversi acquiferi, l'adozione di una metodologia idonea a contemplare soluzioni concettuali adattabili ai reali scenari idrodinamici ed antropici esistenti. All'uopo, l'analisi è stata effettuata tramite l'utilizzo del metodo parametrico, a punteggio e pesi, DAC (Drastic per Acquiferi in realtà idrogeologicamente complesse). Tale metodo, a differenza di altri modelli parametrici (DRASTIC¹, SINTACS^{2,3}, GOD⁴, EPIK⁵), ha fornito un valido contributo nella modellazione dei diversi scenari idrogeologici, per i quali sono stati evidenziati notevoli elementi di complessità⁶ (di tipo idrodinamico, idrostrutturale, idrostratigrafico, morfologico, etc.).

In questa fase, essenzialmente di carattere conoscitivo, è stato definito il grado di vulnerabilità all'inquinamento potenziale, tenuto conto che le diverse variabili da cui dipende la stessa vulnerabilità sono derivate solo in parte da studi e indagini di campo.

Inoltre, considerato che lo stesso metodo di valutazione utilizzato (come, del resto, tutti gli altri metodi in uso a livello internazionale), non contempla né il tipo, né la quantità, né le modalità di propagazione di eventuali sostanze inquinanti, è stato possibile soltanto definire, un primo modello concettuale inerente all'attitudine dei vari acquiferi a subire inquinamento. Ciò premesso, si precisa quanto segue:

- per i massicci carbonatici, la valutazione del grado di vulnerabilità ha riguardato esclusivamente la falda basale (sia quando essi si rinvergono in affioramento, sia quando essi si rinvergono sottoposti ad altri acquiferi), tralasciando le complesse problematiche inerenti, sia alle falde sospese e/o di alta quota, sia ai deflussi locali presenti nelle loro coperture detritico-piroclastiche superficiali;
- per le piane alluvionali, la valutazione del grado di vulnerabilità ha riguardato, sia le falde superficiali, sia quelle sottoposte, previa valutazione dei rapporti idrodinamici esistenti fra esse;
- per gli acquiferi conglomeratici e quelli più strettamente flyschoidi, la valutazione del grado di vulnerabilità ha interessato solo ed esclusivamente la falda principale, ossia la circolazione idrica sotterranea di base, trascurando situazioni legate ai locali deflussi superficiali presenti nelle coperture detritico-colluviali.

¹ ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J., HACKETT G. (1987) - *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater potential using hydrogeological settings*. NWWA/EPA SER., EPA 600/2-87-035, P. 455, (1987).

² CIVITA (1994) - *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & pratica*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 31. Pitagora Editrice Bologna.

³ CIVITA & DI MAIO (1997) - *SINTACS: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automatizzazione*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 60. Pitagora Editrice Bologna.

⁴ FOSTER S.S.D. (1997) - *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy*. In: Van Duijvenboden W., Van Waegeningh H.G. (eds) *Vulnerability of soil and groundwater to pollutants*, vol. 38. TNO Committee on Hydrogeological Research, Proceedings and Information, The Hague, pp. 69-86.

⁵ DOERFLIGER N. & ZWAHLEN F (1997) - *EPIK: a new method for outlining of protection areas in karstic environment*. In: Gunay G. Jonshon AI (EDS). *International Symp. on "Karst Waters and Environmental Impacts"*. Antalya, Turkey, 1997. Balkema, Rotterdam: 117-123 (1997).

⁶ In termini di vulnerabilità all'inquinamento, gli elementi di maggiore complessità sono stati rinvenuti in:

- ambiti in cui esistono aree le cui acque a deflusso superficiale si infiltrano, in toto o in parte, all'interno di zone di assorbimento concentrato, prendendo parte attiva all'idrodinamica sotterranea; tali scenari sono risultati particolarmente diffusi nelle aree montuose carbonatiche;
- ambiti in cui sussiste la presenza di acquiferi multifalda caratterizzati da interscambi idrici sotterranei; tali scenari sono risultati caratteristici di alcune aree di piana.

Qui di seguito sono riportati i principali risultati conseguiti, rimandando al testo originale⁷, ovvero ad alcune principali applicazioni⁸ e/o verifiche sperimentali⁹ per una più approfondita conoscenza teorico-applicativa del modello.

2.4.2 Scenari di vulnerabilità

Massicci carbonatici

I rilievi carbonatici privi di coperture o ricoperti da spessori litologici liberi da significative falde idriche sono risultati caratterizzati da un grado di vulnerabilità all'inquinamento (connesso con l'infiltrazione efficace diretta), variabile da elevato a molto elevato.

Inoltre, laddove l'acquifero carbonatico è stato rinvenuto ricoperto da uno spessore considerevole (dell'ordine di diversi metri o decine di metri) di depositi detritico-piroclastici e/o di depositi relativamente impermeabili, è stato riscontrato un grado di vulnerabilità all'inquinamento variabile da elevato a basso. Ciò testimonia il fatto che, a parità di altri fattori, la presenza dello spessore suolo e/o la presenza di un insaturo relativamente poco o punto permeabile gioca un ruolo estremamente importante nell'ambito della vulnerabilità all'inquinamento; di fatto, tali coperture esercitano un significativo contrasto, sia sull'infiltrazione, sia sulla percolazione in falda di eventuali carichi inquinanti presenti in superficie.

Invece, in aree a deflusso endoreico, laddove c'è infiltrazione secondaria di acque di ruscellamento superficiale (in zone di assorbimento concentrato ed in assenza di filtro litologico), l'acquifero è risultato caratterizzato da un grado di vulnerabilità all'inquinamento variabile da molto elevato a estremamente elevato.

Quando invece gli acquiferi carbonatici si rinvengono sottoposti ad altri piroclastico-alluvionali, sono risultati caratterizzati da:

- un grado di vulnerabilità medio, allorquando, in condizioni idrodinamiche indisturbate, si verificano interscambi idrici sotterranei mediante flussi di drenanza diretti dall'alto verso il basso e laddove l'acquifero superficiale affiorante risulta a vulnerabilità elevata;
- "invulnerabile" allorquando, in condizioni idrodinamiche indisturbate, si verificano interscambi idrici sotterranei mediante flussi di drenanza diretti dal basso verso l'alto, ossia dall'acquifero carbonatico verso l'acquifero superficiale; in particolare, l'indicazione di invulnerabilità è riferita alle sostanze inquinanti miscibili in acqua e non miscibili leggere; non è riferita alle sostanze non miscibili pesanti.

Piane alluvionali

Gli acquiferi alluvionali affioranti sono risultati caratterizzati da un grado di vulnerabilità all'inquinamento variabile da elevato a molto elevato.

⁷ CELICO F. (1996) - *Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi e delle risorse idriche sotterranee in realtà idrogeologiche complesse: i metodi DAC e VIR*. Quaderni di Geologia Applicata, 3 - (1996), Pitagora Editrice Bologna.

⁸ CELICO F., ESPOSITO L., PISCOPO V., AQUINO S. (1996) - *Sulla vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi, indotta dall'infiltrazione di acque superficiali: l'esempio del Monte Camposauro e della piana di Solopaca (Campania)*. Geologia Applicata & Idrogeologia, Vol. XXXI, Bari 1996.

⁹ CELICO F. & NACLERIO G. (2005) - *Verification of a DRASTIC-based Method for Limestone Aquifers*. Water International, Vol. 30, N. 4, pagg. 530-537.

Quelli sottoposti ad altri acquiferi (“falde sovrapposte” in aree di piana) sono risultati “invulnerabili”, allorquando, in condizioni idrodinamiche indisturbate, esistono interscambi idrici mediante flussi di drenanza diretti dal basso verso l’alto.

Anche in questo caso, l’invulnerabilità è riferita solo a sostanze miscibili in acqua e/o non miscibili leggere; non è riferita alle sostanze non miscibili pesanti.

Aree conglomeratiche e flyschoidi

Le aree conglomeratiche sono risultate caratterizzate da un grado di vulnerabilità all’inquinamento variabile da medio a localmente basso.

Le zone interessate da acquiferi più propriamente flyschoidi (arenaceo-marnoso-argilloso, calcareo-marnoso-argilloso, argilloso-marnoso, argilloso, etc.) sono risultate caratterizzate da un grado di vulnerabilità all’inquinamento generalmente variabile da basso a molto basso.

3. Risorse idriche superficiali

Come si è potuto osservare in precedenza, il presente lavoro rappresenta una sintesi delle attuali conoscenze sulle risorse idriche sotterranee della provincia di Avellino.

L’argomento è stato infatti trattato con sufficiente dettaglio e, in ogni caso, è stata indicata un’ampia bibliografia a cui far riferimento.

Nei paragrafi che seguono, esclusivamente per completare la panoramica sulle risorse idriche nel loro complesso, vengono semplicemente descritti i principali fiumi che interessano il territorio e vengono fornite alcune caratteristiche degli invasi artificiali di acque superficiali.

3.1 Descrizione del fiume Calore

Il Fiume Calore nasce al confine tra le province di Avellino e Salerno da una dorsale montuosa che, con le cime del Monte Accellica (quota 1.660 m s.l.m.), Monte Serralonga (1.210 m s.l.m.) e Monte Sovero (1.049 m s.l.m.), costituisce la propaggine nord-occidentale del sistema orografico dei Monti Picentini (Fig. 3.1/1).

Dopo aver percorso un tratto montano di circa 8 km in direzione SW-NE, l’alveo descrive un’ampia curvatura, con la concavità rivolta a NE, aggirando il centro urbano di Montella, per poi assumere una prevalente direzione appenninica (NW-SE). Quest’ultima viene conservata per molti chilometri durante l’attraversamento di tutta la parte settentrionale della provincia di Avellino.

A valle dell’abitato di Luogosano, il corso d’acqua riceve, in destra idraulica, prima le acque del torrente Fredane, poi, quasi in corrispondenza della stazione ferroviaria di Apice (Benevento), quelle del fiume Ufita ed, infine, quelle del fiume Tammaro. Successivamente, dopo avere attraversato la città di Benevento, riceve, in sinistra idraulica, il contributo del Fiume Sabato.

Da qui, con graduale inarcamento, prosegue verso N per circa 8 km, accoglie le acque dei torrenti Corvo-Serretella, Ienga, Reventa e Lenta, subisce un’ulteriore curvatura ed

attraversando l'area valliva della struttura carbonatica del Monte Camposauro, riceve, in prossimità di Telese le acque del Torrente Grassano, arriva poi nelle vicinanze del centro urbano di Castel Campagnano (Caserta) ove confluisce nel Fiume Volturno.

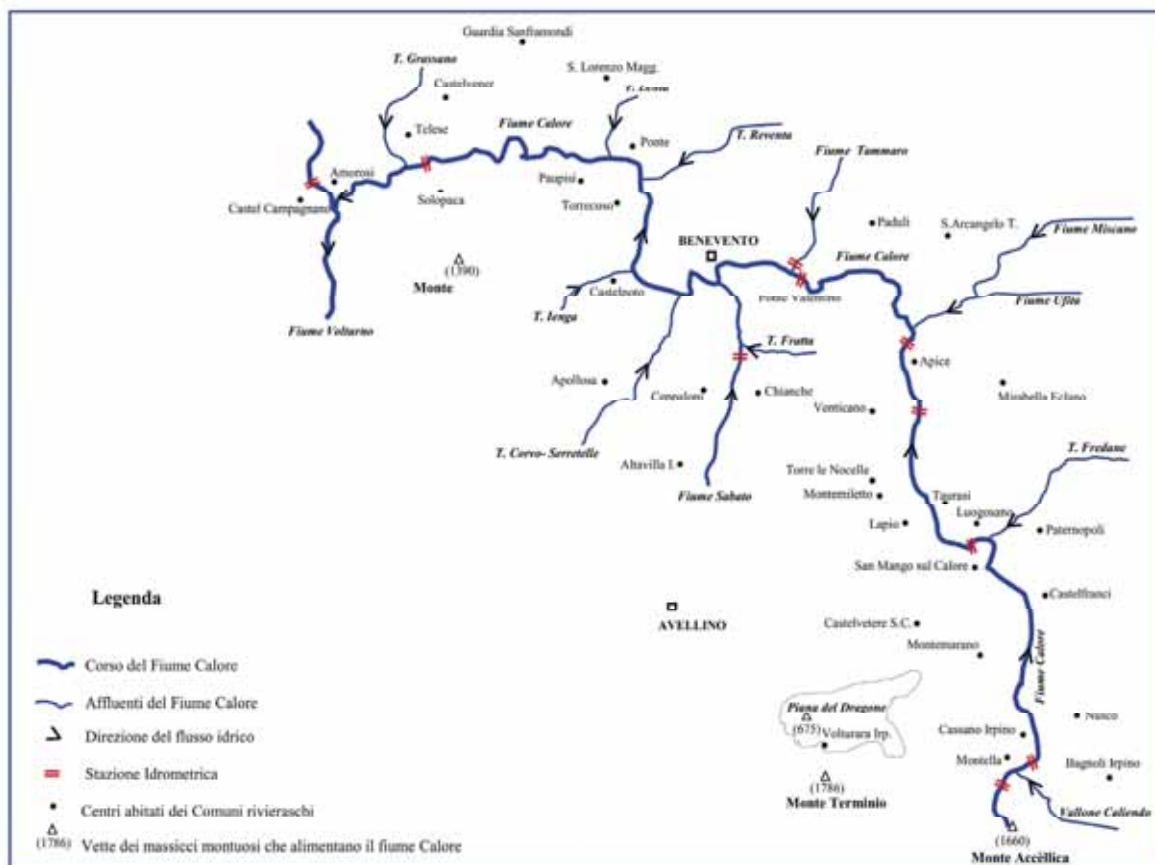


Fig. 3.1/1 - Schema del reticolo idrografico del fiume Calore (da AQUINO, 2001).

Il fiume Calore, lungo circa 115 km, ha un bacino imbrifero che, ad esclusione degli affluenti, si estende su una superficie pari a circa 1.079 km² (l'estensione raggiunge, compresi i succitati sottobacini degli affluenti, circa 3.000 km²).



61 - Fiume Calore nell' area industriale S. Mango Sul Calore - Luogosano

La quota media del bacino è pari a circa 545 m s.l.m.. Solo il 2% della superficie totale ha quote comprese tra 1.200 e 1.700 m s.l.m., mentre il 45 % è a quote comprese tra 400 e 1.200 m s.l.m.; infine, il restante 53 % è relativo alla fascia compresa tra il livello del mare e 400 m s.l.m. (Fig. 3.1/2).

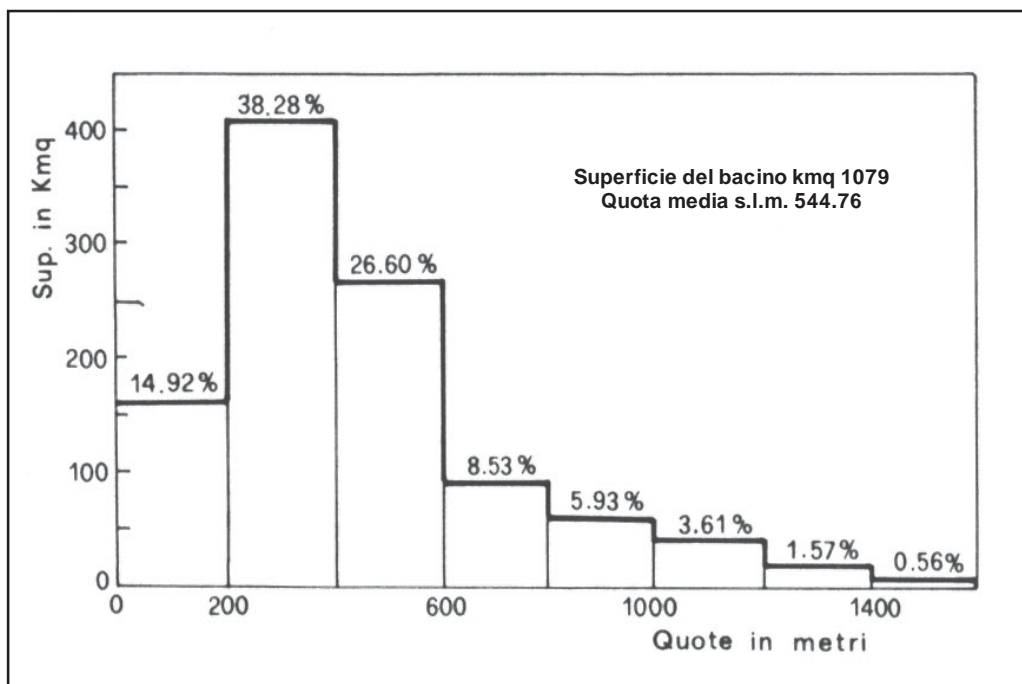


Fig. 3.1/2 - Distribuzione, per fasce d'altitudine, del bacino imbrifero del fiume Calore (da AQUINO, 2001).

Dal punto di vista morfologico, la parte alta del bacino è quella che si presenta più aspra ed accidentata; essa è caratterizzata, a Sud, dalla cuspide dolomitica del Monte Accellica nonché dai rilievi, prevalentemente calcarei, compresi tra i Monti Serralunga e Sovero le cui cime dominano un'estesa area dell'aspra struttura carbonatica.

Il settore medio e basso del bacino del fiume Calore è caratterizzato, invece, da una morfologia piatta e dall'affioramento delle formazioni flyschoidi terziarie e dei terreni pliocenici e quaternari.

Nel tratto terminale, infine, il fiume solca l'ampia Valle di Solopaca che si estende a settentrione del massiccio carbonatico del Camposauro. Tale idrostruttura, unitamente all'unità idrogeologica del Terminio-Tuoro, costituisce una delle principali fonti d'alimentazione del Fiume Calore.

3.2 Descrizione del fiume Sabato

Il fiume Sabato trae origine da alcune emergenze idriche localizzate nel Varco Colla Finestra (1.010 m s.l.m.), ubicato nel settore settentrionale del Monte Accellica (1.660 m s.l.m.).

Il corso d'acqua, la cui lunghezza complessiva è pari a circa 50 km, sottende un bacino imbrifero di forma trapezoidale che si estende su una superficie di circa 460 km² (Fig. 3.2/1).

Lo spartiacque superficiale del suddetto bacino si sviluppa, ad Est, lungo la linea di cresta dei Monti Picentini (Monte Accellica, 1.660 m s.l.m., Monte Terminio, 1.785 m s.l.m., Monte Faggeto, 1.105 m s.l.m.), per poi correre lungo le dorsali collinari che si ergono a N fino ad arrivare in prossimità del centro urbano di Benevento. Nella porzione occidentale, invece, tale spartiacque interessa la dorsale S. Leucio-Arpaize; infine, nella zona meridionale, lo spartiacque corre lungo la linea di cresta del massiccio del Partenio, deviando verso Sud-Ovest lungo l'allineamento delle vette Monte Esca (880 m s.l.m.) - Monte Faliesi (955 m s.l.m.)-Monte Peluso (642 m s.l.m.). Esso, infine, si ricongiunge alla catena dei Picentini interessando le creste del Monte Vellizzano (1.040 m s.l. m.), dei Monti Mai (1.607 m s.l.m.) e del Monte Pizzautolo (1.150 m s.l.m.).

L'85% del bacino imbrifero interessa il territorio Irpino; la restante parte, fatta eccezione di una limitatissima zona ricadente nella provincia di Salerno, occupa il territorio Sannita.

La pendenza media dell'alveo è di circa 1,5% (i valori massimi, circa il 3,5%, si rilevano nel tratto di monte e fino all'abitato di Serino; le pendenze minime, dell'ordine dello 0,35% circa, caratterizzano il tratto compreso tra gli abitati di Atripalda e Tufo).

Nell'area montana si osservano diversi torrenti e valloni (Serralunga, Serra di Lacerone, Bosco, Sgaiuola, etc.) alimentati da altrettante sorgenti, separati da spartiacque esigui e da pareti piuttosto acclivi. Tra questi assumono particolare importanza, per il contributo in termini di portate affluenti, i valloni dell'Olmo e Martunolo che sfociano qualche chilometro a monte dell'abitato di Serino.

La maggior parte dell'asta idrografica è impostata su depositi piroclastici e su alluvioni attuali e recenti costituite da sabbie sottili e sabbie limo-argillose miste a ghiaia. I suddetti depositi, caratterizzati da una permeabilità per porosità, accolgono la circolazione idrica subalvea.

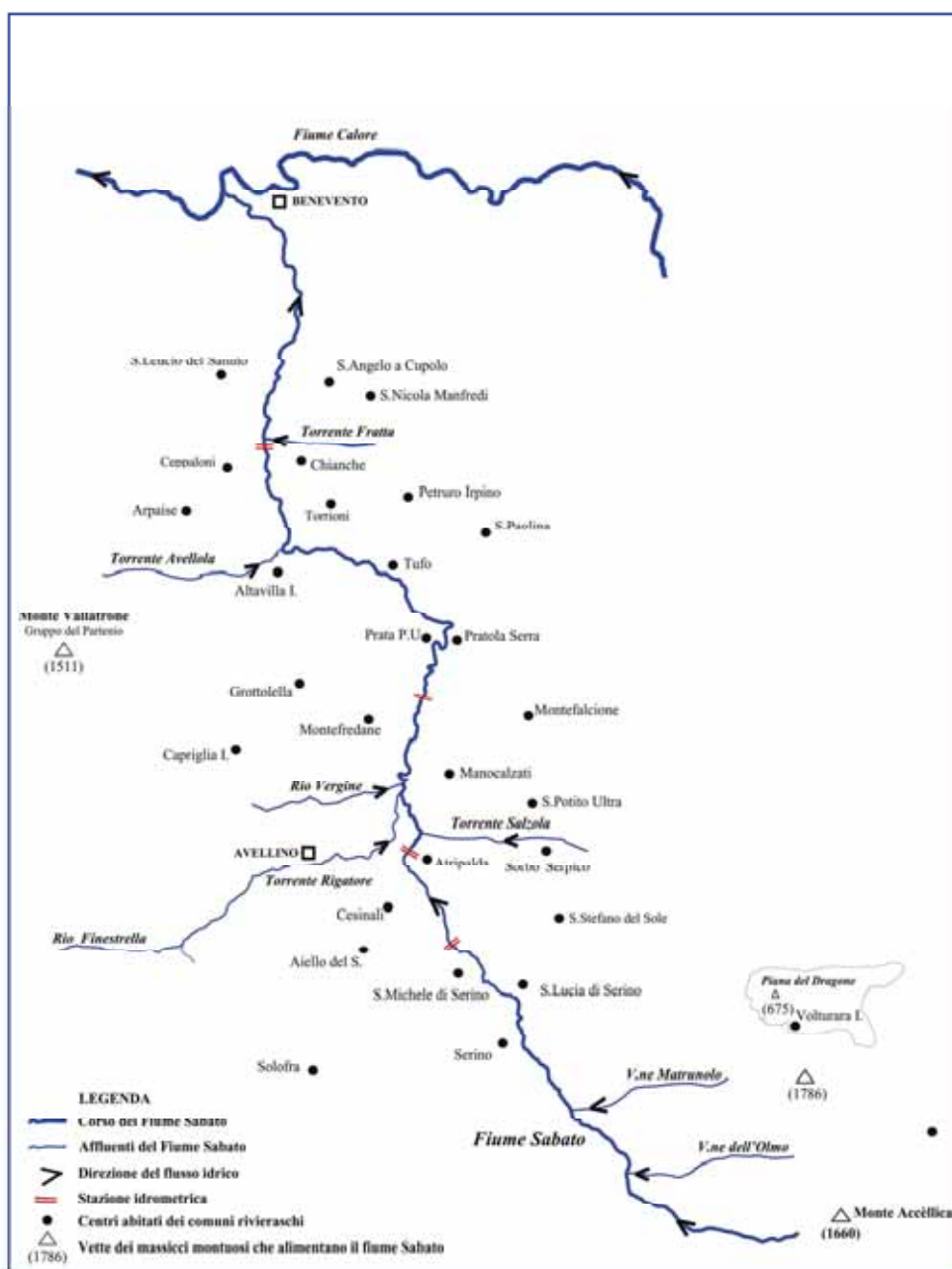
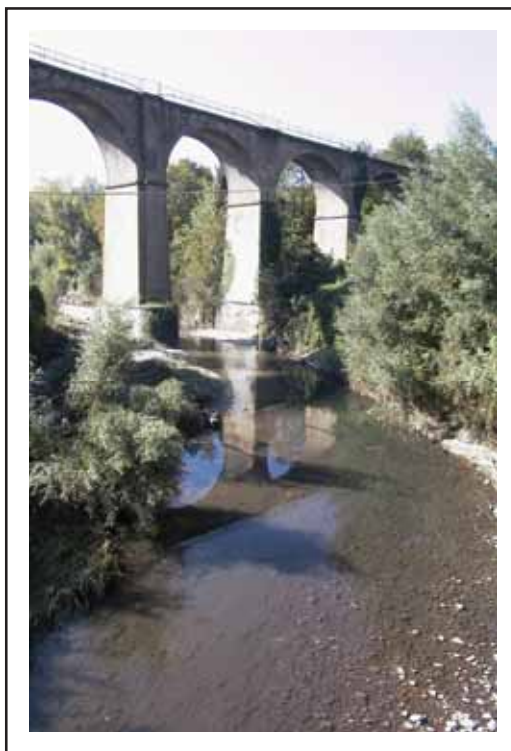


Fig. 3.2/1 - Schema del reticolo idrografico del fiume Sabato (da AQUINO, 2001).

Poco a monte del centro urbano di Serino, il fiume Sabato riceve le acque provenienti dallo sfioro delle sorgenti Acquaro-Pelosi e successivamente, qualche chilometro più a valle, in località “Villa San Nicola”, riceve quelle provenienti sempre dallo sfioro delle sorgenti Urciuoli. Va evidenziato che le predette sorgenti alimentano il corso del Sabato

esclusivamente nel periodo di piena. Infatti, in tale periodo, le sorgenti del Serino restituiscono complessivamente una portata idrica pari a circa 250÷300 l/s.

Continuando il suo percorso da Serino ad Atripalda, il fiume, nell'attraversare l'ampia ed estesa valle, incontra i primi insediamenti industriali. Giunto in prossimità dell'abitato di Atripalda, riceve in destra idraulica, prima il Torrente Salzola, poi le acque del Vallone Chiusa e infine, accoglie le acque di scarico provenienti dall'impianto di depurazione comprensoriale (a servizio dei numerosi comuni ricadenti nella Valle del Sabato ed ubicato in località Paduli del Comune di Manocalzati). In questo stesso comprensorio, il fiume riceve in sinistra le acque del Torrente Rigatore che, attraversa il territorio comunale di Avellino.



62 - Fiume Sabato - Loc. Tiratore - Atripalda

Qualche chilometro più a monte accoglie, sempre in sinistra idraulica, le acque provenienti dal Rio Vergine e dal Rio Noci. A meno di un chilometro a N dell'abitato di Altavilla Irpina riceve, in sinistra idraulica, un discreto apporto idrico dal Torrente Avellola che nasce dalla dorsale dei Monti di Avella.

Infine, prima di immettersi nel corso del Calore, in prossimità della città di Benevento, riceve in destra idrografica, a poche centinaia di metri a N del centro urbano di Chianche, le acque del Torrente Fratta.

3.3 Descrizione del fiume Sele

Il fiume Sele trae origine dalla sorgente Sanità di Caposele (portata media di 4.000 l/s) emergente dai contrafforti nord-orientali del Monte Cervialto, ad una quota di circa 420 m s.l.m. (Fig. 3.3/1).

Della portata complessiva di tale scaturigine, solo una piccola parte, insieme a quella delle altre sorgenti emergenti in alveo, alimenta il corso superiore del fiume.

Infatti, dall'inizio del 1900, la sorgente Sanità è stata captata dall'Acquedotto Pugliese, per soddisfare le esigenze idropotabili della Puglia e di parte della Basilicata.

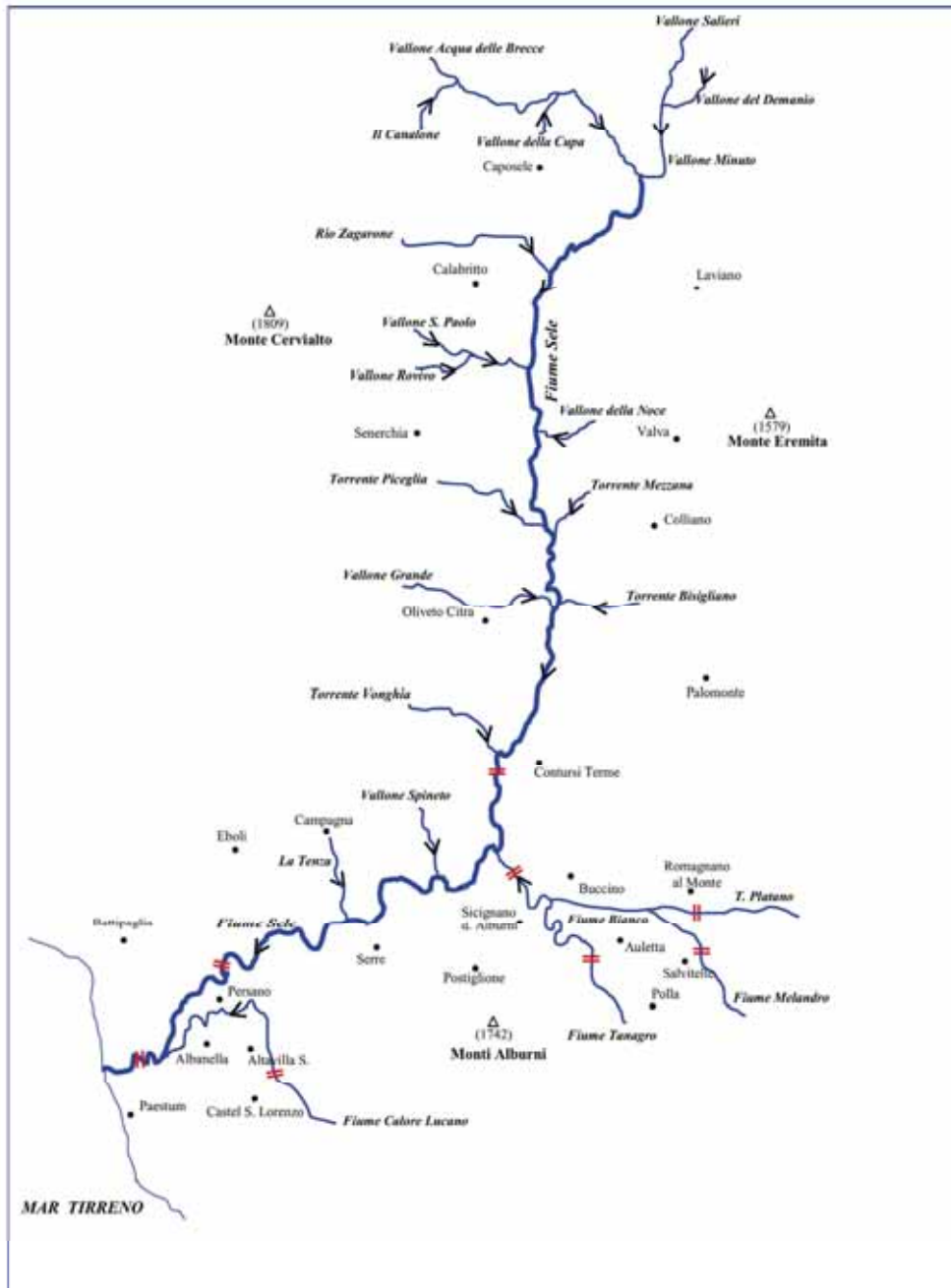
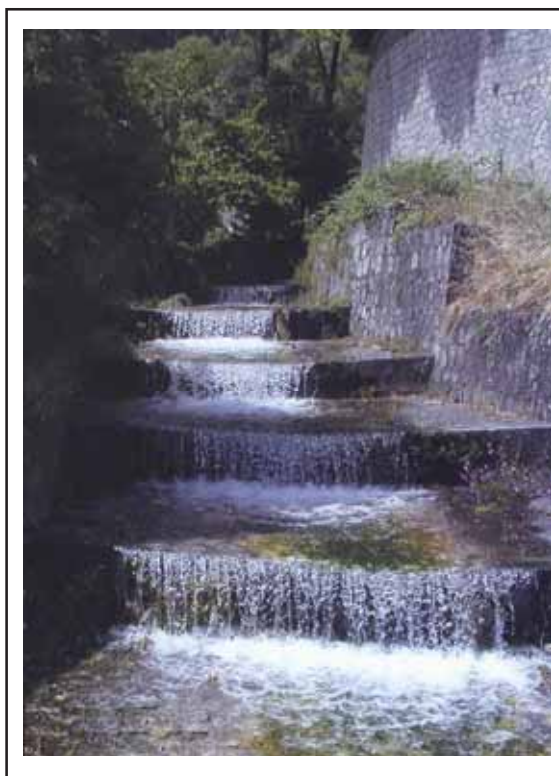


Fig. 3.3/1 - Schema del reticolo idrografico del fiume Sele (da AQUINO, 2003).

In corrispondenza dell'abitato di Contursi, precisamente in sinistra idrografica, il Sele riceve il suo più grande affluente, il Tanagro (che nasce nel gruppo montuoso del Sirino, in agro di Lagonegro), il cui contributo idrico è sostanziale e determinante per la vita dello stesso corso fluviale. A circa dieci chilometri dalla foce il Sele riceve, sempre da sinistra, il suo secondo importante affluente, il Calore Lucano proveniente dai monti del Cilento. Infine, il fiume si congiunge al Mar Tirreno, a 24 km a Sud di Salerno, dopo un percorso di 64 km. L'intero bacino idrografico si estende su una superficie pari a 3.223 km² di cui 614 sono ascrivibili al solo bacino del Sele, 1.835 a quello del Tanagro e 774 a quello del Calore Lucano. Per quanto concerne l'altimetria dell'intero bacino è da rilevarsi che il 17,8% della superficie totale è sito tra 0 e 300 m s.l.m., il 27,6% a quote tra 300 e 600 m s.l.m., il 26,8% tra 600 e 900 m s.l.m. ed, infine, il 27,8% oltre i 900 m s.l.m.. Sotto il profilo geomorfologico, l'ossatura del bacino è costituita da terreni mesozoici, formanti una serie di rilievi prevalentemente allungati in direzione appenninica, separati o bordati da sistemi vallivi in cui affiorano depositi terrigeni cenozoici e, subordinatamente, plio-pleistocenici. I rilievi, generalmente scomposti da fenomeni tettonici in blocchi di entità variabile, sono costituiti in massima parte da potenti depositi carbonatici di piattaforma (Trias-Creta) e da modeste coperture. I terreni triassico-giurassici sono prevalentemente costituiti da dolomie e calcari dolomitici ed affiorano essenzialmente nella porzione settentrionale del bacino (Monte Cervialto e Monte Marzano). I terreni giurassico-cretacici, essenzialmente formati da calcari compatti e/o detritici, affiorano, invece, molto più estesamente in corrispondenza di tutte le vette (M. Cervialto, M. Marzano, M. Alburni, M. Soprano e M. Cervati, ect.). Sul bordo orientale del bacino, ed in particolare sul versante adriatico dei Monti della Maddalena, ai depositi carbonatici si sostituiscono alternanze di depositi terrigeni ed organogeni costituenti la serie mesozoica calcareo-silico-marnosa.



63 - Fiume Sele - Caposele

Il corso d'acqua si presenta piuttosto omogeneo dal punto di vista morfologico, essendo caratterizzato da ampie pianure con rari casi di aree lievemente ondulate. Le quote variano da pochi metri sul livello del mare fino ad un massimo di 250 metri e le pendenze sono generalmente molto lievi ($\approx 0,533\%$).

L'intero bacino idrografico occupa un'area di 2.780 km². Esso si imposta su un substrato geolitologico costituito da depositi alluvionali, in prevalenza ciottolosi, di età pleistocenica. Tra gli affluenti più importanti si annoverano: (da destra) Torrente Ficocchia, Fiumara di Atella, Torrente Olivento, Torrente Locone; (da sinistra) Torrente Isca, Torrente Sarda, Torrente Orata, Torrente Osento, Marana Capacciotti.



64 - Affluente del fiume Ofanto nei pressi della stazione di Monteverde

Le città e i paesi attraversati in provincia di Avellino sono: Andretta, Aquilonia, Bisaccia, Cairano, Calitri, Caposele, Conza della Campania, Guardia Lombardi, Lacedonia, Lioni, Monteverde, Morra De Sanctis, Nusco, Sant'Andrea di Conza, Sant'Angelo dei Lombardi, Teora, Torella dei Lombardi (sorgente); per un totale di 17 comuni e una popolazione di 54.984 abitanti. All'interno del bacino sono presenti alcuni invasi idrici, indispensabili per la popolazione e per l'economia, a causa della scarsità d'acqua soprattutto nelle zone delle Murge.

Gli invasi presenti sono: Conza, Oseno, Marana Capacciotti, Rendina, Locone.

Il regime idrologico del corso d'acqua, a causa dell'assenza di sorgenti perenni caratterizzate da portate idriche consistenti, è torrentizio. Com'è ovvio, la presenza degli invasi, come quello di Conza, ha sostanzialmente modificato il regime idrologico del fiume che risulta caratterizzato, nel tratto montano, da esigue portate in alveo e da notevole trasporto solido; a valle dell'invaso, invece, è garantita, anche nel periodo estivo, sempre una portata idrica piuttosto costante.



65 - Valle dell'Ofanto in tenimento di Conza della Campania

Per quanto attiene alle caratteristiche qualitative del corso d'acqua, recenti studi (GALASSO *et alii*, 1989) consentono di evidenziare fenomeni di contaminazione antropica estremamente ridotti. Le concentrazioni di nitrati (in mg/l) e di COD (sempre in mg/l) si presentano particolarmente contenute (Fig. 3.4/2).

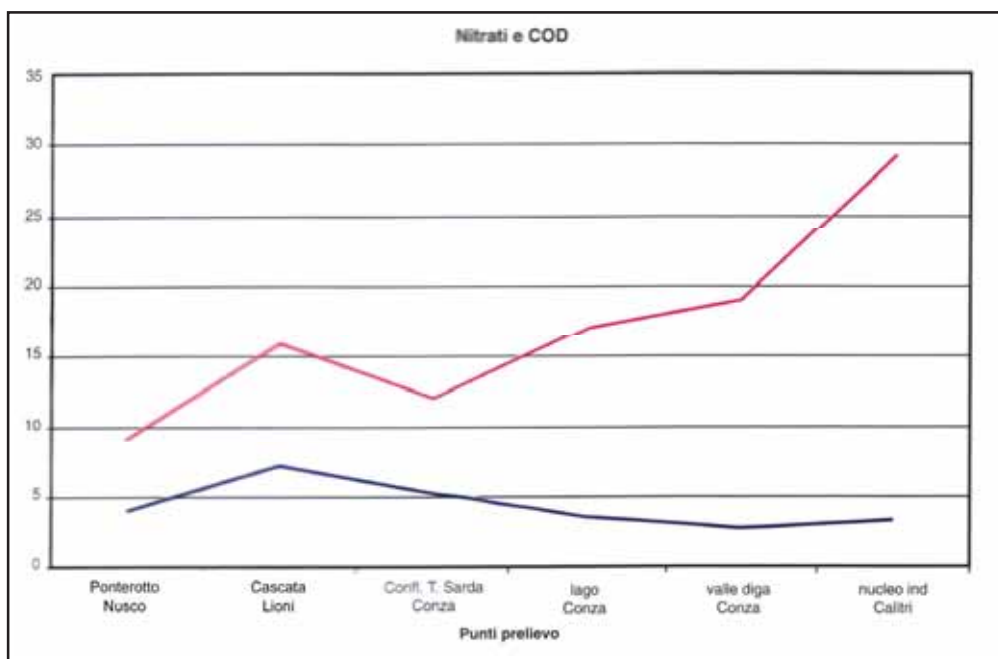


Fig. 3.4/2 - Diagramma Nitrati COD lungo il corso del fiume Ofanto (da GALASSO *et alii*, 1989).

In particolare, mentre i valori dei nitrati tendono a decrescere dalla zona di Ponterotto del comune di Nusco sino al punto di prelievo prossimo alla diga di Conza (a conferma della ridotta presenza di attività agricole, fonte diffusa di inquinamento), i tenori di COD, monitorati in corrispondenza degli stessi punti, aumentano in termini relativi. Ciò è da correlare con la presenza, nelle acque campionate, di “enterobacteriacee” di origine fecale associabili alla presenza, sul territorio, di attività zootecniche.

3.5 Principali caratteristiche degli invasi artificiali

Nell’ambito del territorio della provincia di Avellino sono presenti n. 3 bacini artificiali classificati, ai sensi delle vigenti normative (R.D. 31 dicembre 1925, n°. 2540 *s.m.i.*; Legge 1 agosto 2002, n. 166), come dighe. Essi risultano, dal 2003, di competenza del Registro Italiano Dighe (RID) - *Ufficio Periferico di Napoli*, quest’ultimo vigilato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Detti bacini corrispondono all’invaso di Conza della Campania di San Pietro (Osento) e di Macchioni.

Qui di seguito sono riportate, per ciascun di essi, le principali caratteristiche tecniche, acquisite presso il citato RID.

Diga di Conza della Campania

Provincia: Avellino;

Comune: Conza della Campania;

Coordinate geografiche: Latitudine 40° 52' 45''; Longitudine 02° 52' 22'';

Tipologia: invaso in materiali sciolti di tipo zonato;

Corso d'acqua: fiume Ofanto;

Bacino idrografico: fiume Ofanto;

Altezza della diga: 34,65 m;

Sviluppo del coronamento: 880,40 m;

Quota di massima regolazione: 434,80 m s.l.m.;

Volume corrispondente: 74,80 Mm³;

Quota autorizzata: 432,00 m s.l.m.;

Volume d'invaso corrispondente: 47,50 Mm³;

Uso della risorsa: irriguo e potabile;

Concessionario: Ente per lo Sviluppo dell'Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia, Lucania e Irpinia (BA).



66 - Diga di Conza della Campania

Diga di San Pietro

Provincia: Avellino;

Comune: Monteverde;

Coordinate geografiche: Latitudine 41° 39' 43''; Longitudine 03° 15' 06'';

Tipologia: diga in materiali sciolti di tipo zonato;

Corso d'acqua: torrente Osento;

Bacino idrografico: fiume Ofanto;

Altezza della diga: 47,90 m;

Sviluppo del coronamento: 450,00 m;

Quota di massima regolazione: 463,00 m s.l.m.;

Volume corrispondente: 17,70 Mm³;

Quota autorizzata: 457,00 m s.l.m.;

Volume d'invaso corrispondente: 12,00 Mm³;

Uso della risorsa: irriguo;

Concessionario: Consorzio di Bonifica della Capitanata (FG).



67 - Invaso S. Pietro - Monteverde

Diga di Macchioni

Provincia: Avellino;

Comune: Castel Baronia;

Coordinate geografiche: Latitudine 41° 02' 26''; Longitudine 02° 46' 05'';

Tipologia: invaso in materiali sciolti di tipo omogeneo;

Corso d'acqua: torrente Macchioni;

Bacino idrografico: fiume Volturno;

Altezza della diga: 31,30 m;

Sviluppo del coronamento: 156,00 m;

Quota di massima regolazione: 463,25 m s.l.m.;

Volume corrispondente: 0,53 Mm³;

Quota autorizzata: 457,00 m s.l.m.;

Volume d'invaso corrispondente: 0,12 Mm³;

Uso della risorsa: irriguo;

Concessionario: Consorzio di Bonifica dell'Ufita – Grottaminarda (AV).



68 - Invaso Macchioni - Castel Baronia

4. Considerazioni conclusive

Nell'ambito del presente lavoro sono state illustrate le attuali conoscenze inerenti alle risorse idriche sotterranee e sono stati brevemente descritti i principali corsi d'acqua sede delle risorse superficiali più significative della provincia di Avellino.

L'acquisizione di dati idrogeologici pregressi e di nuovi elementi ottenuti mediante rilievi di campo ha consentito di caratterizzare i principali acquiferi, definendo, per ciascuno di essi, le principali peculiarità idro-stratigrafiche, strutturali e idrogeologiche, le modalità di circolazione idrica sotterranea, la facies idrochimica delle acque, nonché le specifiche potenzialità quali-quantitative della risorsa.

L'analisi idrogeologica del territorio ha consentito inoltre di individuare le aree di maggiore interesse termo-minerale, nonché di sintetizzare le attuali conoscenze sui processi di mineralizzazione e termalizzazione delle acque. Infine, la valutazione della vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi ha permesso, sia pure in via preliminare, di individuare le aree a più elevata suscettibilità all'inquinamento, nonché di identificare quei fattori che possono accrescere localmente il pericolo di contaminazione delle acque sotterranee.

Sulla base dello scenario delineatosi è possibile effettuare alcune importanti riflessioni, in prospettiva di un uso razionale ed efficace delle acque sotterranee.

Le principali risorse idriche sotterranee della provincia di Avellino, quasi totalmente destinate a scopo potabile, sono caratterizzate da elevato grado di vulnerabilità all'inquinamento e dall'assenza di adeguati sistemi di protezione.

Inoltre, in una condizione di assoluta mancanza di prevenzione, risulta di fondamentale importanza eseguire interventi di salvaguardia quali-quantitativa. Interventi che, basati su studi di dettaglio, siano capaci di prevenire (mediante soluzioni statiche e/o dinamiche: *aree di salvaguardia, reti di monitoraggio, vincoli territoriali, captazioni integrate, etc.*) gli eventuali fenomeni di degrado delle acque sotterranee, conciliando le necessità socio-economiche locali con quelle di tutela della risorsa.

In tale ambito, priorità assoluta hanno quelle risorse (Monte Terminio-Tuoro, Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano) in cui è stato accertato un reale rischio di contaminazione delle acque sotterranee, poiché interagenti con aree (Piana del Dragone, Piana di Forino, etc.) interessate da attività fortemente inquinanti.

In prospettiva futura, ai fini di un uso ottimale ed integrato delle risorse idriche sotterranee, sarebbero necessari studi mirati all'approfondimento delle problematiche idrogeologiche connesse con la circolazione idrica sotterranea nei vari acquiferi conglomeratici e flyschoidi, essendo essi sede di risorse non del tutto note, ma di vitale importanza, soprattutto a livello locale. Analogamente andrebbero affinate le conoscenze sulla genesi e sulle dinamiche idrogeologiche inerenti alle falde sospese e/o d'alta quota di talune aree carbonatiche (Monte Terminio, Monte Polveracchio, Monte Accellica, Monti di Avella-Partenio-Pizzo d'Alvano, etc.), essendo esse importanti risorse integrative o di emergenza, ubicate generalmente in posizione strategica rispetto alle potenziali utenze.

In merito alle acque superficiali, andrebbero ugualmente eseguiti studi finalizzati alla salvaguardia quali-quantitativa della risorsa. In particolare, sarebbero necessari studi mirati alla valutazione del Deflusso Minimo Vitale (tra l'altro già previsti dalla Legge 18 maggio 1989, n. 183 - *Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*) e a tutto quanto previsto dal D. Lgs. 3/4/2006 n. 152 (*Norme in materia ambientale*).

In conclusione, da quanto esposto, è evidente l'elevata importanza interregionale, oltre che locale, del patrimonio idrico sotterraneo e superficiale del territorio irpino. Le conoscenze idrogeologiche finora acquisite, se opportunamente impiegate, possono fornire

un importante contributo per una corretta gestione e salvaguardia delle risorse idriche, indispensabile anche per il rilancio socio-economico di vaste aree dell'Irpinia e di altre regioni dell'Italia meridionale.

Ringraziamenti

Nel dare alle stampe il manoscritto, gli autori desiderano ringraziare il dottor Michele Iannicelli e gli ingegneri Francesco Maselli e Pietro Foglia che, attraverso gli Enti, da loro presieduti, hanno finanziato la pubblicazione del presente lavoro di ricerca. Si ringraziano inoltre l'ingegnere Liliana Monaco e la dottoressa Daniela Manzi, rispettivamente, Dirigente del Settore Politiche del Territorio e Responsabile del Servizio Acque dell'Amministrazione Provinciale di Avellino, per la disponibilità offerta nel fornire alcuni dati relativi ad opere di captazione. Un ringraziamento particolare va alle dottoresse Anna Maria Aquino e Carmela La Piana, del Laboratorio Chimico dell'Alto Calore Servizi S.p.A., per la preziosa assistenza fornita nell'esecuzione delle molteplici analisi di laboratorio sui campioni di acqua prelevati in tutta l'area di studio ed ai dottori Americo Romeo e Gianpaolo Venuti anch'essi dell'Alto Calore Servizi S.p.A. per la collaborazione prestata in fase di reperimento di alcuni dati geologici e geochimici. Infine, si ringrazia l'amico geometra Antonio Musto per il prezioso contributo fornito nelle diverse fasi di allestimento della cartografia tematica.

Riferimenti bibliografici

ALLER L., BENNET T., LEHR J.H., PETTY R.J., HACKETT G. (1987) – *DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater potential using hydrogeological settings*. NWWA/EPA SER., EPA 600/2-87-035, pag. 455, (1987).

ALLOCCA (2004) – *Analisi sperimentale dei meccanismi di interazione tra acque sotterranee e contaminanti microbici in idrostrutture carbonatiche dell'Italia Meridionale*. Tesi di Dottorato in Geologia Applicata ed Ambientale, Facoltà di Scienze MM. FF. NN., Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli.

ALLOCCA V. & GRASSO T. (1998) – *L'idrostruttura dei Monti di Durazzano: idrodinamica, potenzialità e interconnessioni con gli acquiferi adiacenti*. Tesi di Laurea in Idrogeologia, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli.

AQUINO S. (1997) – *Osservazioni idrogeologiche e stato di degrado del reticolo idrografico del comprensorio ubicato a sud-ovest del centro urbano di Avellino (Torrente Rigatore - Rio Fenestrelle - Vallone Iemale)*. Economia Irpina, n.1-2/97, Avellino.

AQUINO S. (1999) – *Rete di monitoraggio per la valutazione e la salvaguardia delle risorse idriche dell'acquifero carbonatico del Terminio - Tuoro (Irpinia)*. Economia Irpina, n. 2/99, Avellino.

AQUINO S. (1999) – *Riflessioni sul degrado ambientale del fiume Calore - Campania*. Economia Irpina, N° 3-4/2000, Avellino.

AQUINO S., ESPOSITO V., AQUINO A.M. & FABBROCINO S. (2001) – *Idrogeologia del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Campania)*. Atti Programma Operativo Multiregionale 940026/1/1, Febbraio 2001.

AQUINO S. (2001) – *Protezione e gestione delle risorse idriche del massiccio carbonatico del Terminio-Tuoro (Irpinia) mediante l'analisi dei dati meteorologici acquisiti da rete di monitoraggio*. Atti della Tavola Rotonda "Acque del Terzo Millennio", Castellana Grotte (BA), 31 Marzo 2001.

AQUINO S. (2002) – *Il fiume Sabato: analisi idrogeologica, degrado ambientale e interventi di risanamento*. Economia Irpina Anno XL, n. 3/4 - 2002.

AQUINO S. & GIULIVO I. (2002) – *La Piana del Dragone: un lembo di territorio da proteggere*. Irpinia Illustrata - Anno II n. 2, 2002.

AQUINO S. (2004) – *Il problema delle acque in Irpinia*. Economia Irpina - Anno XLII nn. 1/2, 2004.

AQUINO S. (2005) – *Protezione da rischi di inquinamento e sovrasfruttamento delle risorse idriche del Parco Regionale dei Monti Picentini mediante l'analisi dei dati meteorologici, idrogeologici ed ambientali acquisiti in tempo reale: l'esempio del Monte Terminio-Tuoro*. Atti 1° Assemblea Nazionale dei Parchi Regionali Italiani - Castano Primo (Mi), 22 - 24 Aprile 2005.

AQUINO S., ESPOSITO L., BRUNO R. & PANZA R. (2006) – *Analisi geoambientale sulle acque del torrente Fenestrelle-Rigatore (Avellino-Campania)*. In corso di stampa su: Italian Journal of Engineering Geology and Environment.

AUTORITÀ DI BACINO DEI FIUMI LIRI-GARIGLIANO E VOLTURNO (1996) – *Studi propedeutici finalizzati alla redazione del Piano di Bacino del fiume Volturno - Ottimizzazione delle risorse idriche del Bacino del F. Volturno*. Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, 1996, Napoli.

AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO (2003) – *Cartografia geologica in scala 1:10.000. Progetto CARG*. Tipografia Zaccaria, Napoli - Autorità di Bacino Regionale del Sarno, Regione Campania.

BARBERI G. & ZANZUCCHI G. (1967) – *Osservazioni preliminari sul flysch nell'Alta Valle del Sele*. Ateneo Parmense Acta Naturalia, 3, Parma.

BELLUCCI F., CAPASSO G., CELICO P., DELL'AVERSANA L., GIULIVO I., SANTO A. & TESCIONE M. (1982) – *Il significato della grotta del Sambuco nell'idrogeologia del Monte Terminio (AV)*. Notiziario Club Alpino Italiano, Napoli, Anno XXXVI, N. 1, pagg. 80-88.

BELLUCCI F., BRANCACCIO L., CELICO P., CINQUE P., GIULIVO I., SANTO A. & TESCIONE M. (1983) – *L'evoluzione geomorfologica, carsismo e idrogeologia della grotta del Caliendo (Campania)*. Le Grotte d'Italia, Bologna (4), XI, pagg. 371-385.

BONARDI G., D'ARGENIO B. & PERRONE V. (1988) – *Carta geologica dell'Appennino Meridionale (1:250.000)*. Atti del Congr. Soc. Geol. d'It., 13-17 settembre 1998, Sorrento (Napoli). Mem. Soc. Geol. It., Vol. 41, Roma.

BUDETTA P. & DE RISO R. (1982) – *Studio idrogeologico delle sorgenti di Acerno (M. Picentini)*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., 16, Napoli.

BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D., NICOTERA P. & NOTA D'ELOGIO E. (1988) – *Carta idrogeologica del F. 186 (S. Angelo dei Lombardi) - Memoria Illustrativa*. Mem. Soc. Geol. It., Vol. XLI (2), pagg. 1029-1038.

BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D. & NICOTERA P. (1994) – *Carta idrogeologica della Campania 1:200.000*. IV Conv. Inter. di Geoling. "Difesa e valorizzazione del suolo e degli acquiferi", Torino, 10-11 marzo 1994, pagg. 565-586.

CALCATERRA D., DE RISO R., DUCCI D. & SANTO A. (1994) – *Aspetti geomeccanici ed idrogeologici nel settore sud-orientale del Monte Terminio (Appennino meridionale)*. Geologica Romana, 30, pagg. 53-66, Roma, 1994.

CALCATERRA D., DE RISO R., DUCCI D., SANTO A. & AQUINO S. (1994) – *Analisi dell'idrodinamica di mezzi carsici mediante uso integrato di dati: un esempio nel settore SE del Monte Terminio (Appennino meridionale)*. Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria "Difesa e Valorizzazione del suolo e degli Acquiferi". Torino, 10-11 marzo 1994.

CASSA PER IL MEZZOGIORNO - CASMEZ (1978) – *Utilizzazione degli schemi idrici intersettoriali del Lazio meridionale, Tronto, Abruzzo, Molise e Campania. Indagini preliminari conoscitive delle risorse idriche dell'area di intervento del Progetto Speciale n°. 29*. Studio inedito, Cassa per il Mezzogiorno, Roma (1978).

CELICO F. (1996) – *Vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi e delle risorse idriche sotterranee in realtà idrogeologiche complesse: i metodi DAC e VIR*. Quaderni di Geologia Applicata, 3 - (1996), Pitagora Editrice Bologna.

CELICO F. & AQUINO S. (1999) – *Studio idrogeologico della Comunità Montana del Partenio (Campania)*. Geologia Tecnica & Ambientale, 2/99, Roma.

-
- CELICO F., CELICO P. & AQUINO S. (1994) – *Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero carbonatico del Terminio-Tuoro (Campania)*. Atti del IV Convegno Internazionale di Geoingegneria "Difesa e Valorizzazione del Suolo e degli "Acquiferi". Vol. 2, pagg. 385-394. Torino, 10-11 marzo.
- CELICO F., CELICO P., DE VITA P. & PISCOPO V. (2001) – *Groundwater flow and protection in the Southern Appenines*. Hydrogeologie, 4, pagg. 39-47.
- CELICO F., ESPOSITO L., PISCOPO V., AQUINO S. (1996) – *Sulla vulnerabilità all'inquinamento degli acquiferi, indotta dall'infiltrazione di acque superficiali: l'esempio del Monte Camposauro e della piana di Solopaca (Campania)*. Geologia Applicata & Idrogeologia, Vol. XXXI, Bari, 1996.
- CELICO F. & MATTIA C. (2002) – *Analisi degli effetti indotti dal sisma del 23/11/1980 sugli equilibri idrogeologici della sorgente Sanità (Campania), mediante simulazione ragionata delle dinamiche di ricarica e di esaurimento*. Quaderni di Geologia Applicata, 1/2002, 9.1.
- CELICO F. & NACLERIO G. (2005) – *Verification of a DRASTIC-based method for limestone aquifers*. Water International, Vol. 30, N. 4, pagg. 530-537, December, 2005.
- CELICO F. & PISCOPO V. (1995) – *Idrodinamica sotterranea e vulnerabilità all'inquinamento delle piane del Sarno e del Solofrana (Campania)*. Quaderni di Geologia Applicata, 2, pagg. 407- 414, Pitagora Editrice Bologna.
- CELICO F., PISCOPO V. & DANIELE L. (1995) – *Gli acquiferi del Sarnese (Campania): vulnerabilità all'inquinamento di una realtà idrogeologica complessa*. Quad. Geol. Appl., 1/95, Suppl. 3, 3.153-3.161.
- CELICO P. (1978) – *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Napoli, 14, pagg. 1 - 97.
- CELICO P. (1979) – *Considerazioni sull'idrogeologia di alcune zone dell'Italia centro-meridionale alla luce dei risultati di recenti indagini geognostiche*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Vol. XV, Cap. I, Napoli, pagg. 1- 43.
- CELICO P. (1981) – *Relazioni tra idrodinamica sotterranea e terremoti in Irpinia (Campania)*. Rend. Soc. Geol. It., 4, pagg. 103 - 108.
- CELICO P. (1981) – *Prima interpretazione degli effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle principali sorgenti dell'Irpinia (Campania)*. Rend. Acc. Scienze Fis. e Matem., Napoli, Serie IV, Vol. XLVIII, anno CXX, pagg. 532-563.
- CELICO P. (1983) – *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionale, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni CASMEZ, 4/2, Roma.
- CELICO P. (1983) – *Le risorse idriche sotterranee dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Idrotecnica, 1, pagg. 3 - 17.
- CELICO P. (1983) – *Conoscenze geotermiche nella Campania centrale*. Notiziario Club Alpino Italiano - Anno XXXVII, N. 1, Napoli.
- CELICO P. (1988) – *Falda in rete sospese nel massiccio carbonatico del monte Terminio (Campania) ed implicazioni idrogeologiche*. L'Appennino Meridionale, Napoli, p. 99-112.
- CELICO P. & CIVITA M. (1976) – *Sulla tettonica del massiccio del Cervialto (Campania) e le implicazioni idrogeologiche ad essa connesse*. Boll. Soc. Natur., Vol. 85, Napoli.

-
- CELICO P., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M. R. & STANZIONE D. (1979a) – *Ricerche geotermiche nell’alta valle del fiume Sele (Salerno): indagini idrogeologiche, strutturali e geochemiche*. Atti del I Seminario Inform. Progetto Finalizzato “Energistica” - Sottoprogetto “Energia Geotermica”, CNR, 18-21 dicembre, Roma, pagg. 519 - 526.
- CELICO P., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M. R., STANZIONE D. & ZENONE F. (1979b) – *La composizione chimica ed isotopica delle acque sotterranee dell’alta valle del F. Sele in relazione all’idrodinamica delle falde*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Vol. XV, Cap. IV, Napoli, pagg. 1- 40.
- CELICO P., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M. R., RUSSO D., STANZIONE D. & ZENONE F. (1980) – *Il margine orientale della Piana Campana: indagini idrogeologiche e geochemiche*. Period. di Mineralogia, 49, pagg. 241- 270.
- CELICO P., DE GENNARO M., GHIARA M. R. & STANZIONE D. (1979c) – *Le sorgenti termominerali della Valle del Sele: indagini strutturali, idrogeologiche e geochemiche*. Rend. Soc. It. Miner. e Petr., 35.
- CELICO P., DE GENNARO M., GHIARA M. R. & STANZIONE D. (1981) – *Variazioni geochemiche nelle acque della valle del Sele dopo l’evento sismico del 23.11.80 in Irpinia*. Rend. Soc. It., 4, pagg. 137-139.
- CELICO P., DE GENNARO, GHIARA M. R., NUNZIATA C., RAPOLLA A. & STANZIONE D. (1982) – *Lineamenti geologici, idrogeologici e termici della Campania*. In Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano. Progetto Finalizzato “Energistica” - Sottoprogetto “Energia Geotermica”, CNR-PFE-RF13, Roma, p. 99-109.
- CELICO P., DE GENNARO, GHIARA M. R. & STANZIONE D. (1988) – *Idrodinamica sotterranea e idrogeochemica dell’alta valle del Sele (Campania), in occasione del sisma del 23 novembre 1980*. Atti dell’Istituto di Ingegneria Civile dell’Università degli Studi di Salerno e del Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università degli Studi di Napoli “Federico II”.
- CELICO P., DE GENNARO M., LOMONACO L. & STANZIONE D. (1983) – *Conoscenze geotermiche nella Campania centrale*. Notiziario Club Alpino Italiano, Napoli, anno XXXVII, N. 1, pagg. 65-75.
- CELICO P. & DE RISO R. (1978) – *Il ruolo della Valle Caudina nella idrogeologia del Casertano e del Sarnese (Campania)*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Napoli, 14, pagg.1-24.
- CELICO P., GUADAGNO F. M., LUISE G., TESCIONE M. & VALLARIO A. (1987) – *Idrogeologia del Monte Polveracchio - Monte Raione (Monti Picentini - Campania)*. Mem. Soc. Geol. It., 37, pagg. 341- 362.
- CELICO P., MANGANO F. & MONACO L. (1982) – *Prove di colorazione nel massiccio carbonatico del Monte Terminio - Monte Tuoro (Avellino)*. Notiziario Club Alpino Italiano, Napoli, anno XXXVI, N. 1, pagg. 73- 79.
- CELICO P., MENNELLA A., PIRO M. & STANZIONE D. (1991) – *Interscambi idrici sotterranei nella valle del Solofrana (AV-SA)*. Atti del I Convegno Nazionale dei Giovani Ricercatori in Geologia Applicata, 22-23 ottobre, Gargnano (BS). In “Ricerca Scientifica ed Educazione Permanente”, Suppl. 93, Milano, pagg. 307- 316.
- CELICO P. & RUSSO D. (1981) – *Studi idrogeologici sulla Piana del Dragone (Avellino)*. Boll. Soc. Natur., Napoli, XC, pagg. 37-50.

-
- CHIESA G. (1994) – *Inquinamento delle acque sotterranee - Metodi di indagine e di studio per la bonifica e la gestione delle acque inquinate*. Hoepli Editore S.p.A., Milano.
- CHIOCCHINI U., CONATTO V. & VALLETTA M. (1971) – *I sedimenti miocenici e pliocenici tra il T. Fiumarella e l'Alta Valle del F. Ofanto (Campania)*. In Bollettino del Servizio Geologico D'Italia - Vol. XCII - 1971.
- CIVITA M. (1967) – *Alcune osservazioni preliminari sulla tettonica del Massiccio del Terminio-Tuoro (Irpinia)*. Boll. Soc. Nat. in Napoli, 75.
- CIVITA M. (1969) – *Idrogeologia del Massiccio del Terminio-Tuoro (Campania)*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., Napoli, 11, pag. 92.
- CIVITA M. (1994) – *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: Teoria & pratica*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 31. Pitagora Editrice Bologna.
- CIVITA M. & DI MAIO (1997) – *SINTACS: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Metodologia e automatizzazione*. Quaderni di Tecniche di Protezione Ambientale, n. 60. Pitagora Editrice Bologna.
- CIVITA M., DE RISO R. & NICOTERA P. (1970) – *Sulle strutture alimentanti le sorgenti del F. Sarno e le falde pedemontane nella parte sud-orientale della Conca Campana*. Atti 1° Conv. Intern. Acque Sotterranee, Palermo, pagg. 166-189.
- CIVITA M., LUCINI P. & SPADA L. (1969) – *Segnalazione di flysch cretacico nell'incisione del vallone di Salto, tra Bracigliano e Forino (Campania)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 78, pagg. 3-9, Napoli.
- COCCO E., CRAVERO A., ORTOLANI F., PESCATORE T., RUSSO M., TORRE M. & COPPOLA L. (1974) – *Le unità Iripine nell'area a nord del monte Marzano, Appennino meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 13, pagg. 607-654, Roma.
- COPPOLA L. & PESCATORE T. (1989) – *Lineamenti di neotettonica dei Monti del Terminio-Tuoro, Cervialto e Marzano (Appennino Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 108, Roma.
- COPPOLA L., COTECCHIA V., LATTANZIO M., SALVEMINI A., TADOLINI T. & VENTRELLA N. A. (1990) – *Il gruppo delle sorgenti di Cassano Irpino (Avellino - Italia Meridionale): regime idrologico ed analisi strutturale del bacino di alimentazione*. Geol. Appl. e Idrog., Vol. XXIV, Bari.
- CORNIELLO A. (1996) – *Lineamenti idrogeochimici dei principali massicci carbonatici della Campania*. Mem. Soc. Geol. It., 51, pagg. 333-342, Roma.
- COTECCHIA V., NUZZO G., SALVEMINI A. & VENTRELLA N. A. (1986) – *Sanità Spring at Caposele (Avellino, Southern Italy): hypotheses on flow-changes caused by 23 November, 1980 earthquake and boundary-barrier stability problems*. Proc. Int. Symp. on "Engineering Geology Problems in Seismic Areas", Italian Group of IAEG, Bari (I) pagg. 13-19 (II): pagg. 317-331.
- COTECCHIA V. & SALVEMINI A. (1981) – *Correlazione fra eventi sismici e variazioni di portata alle sorgenti di Caposele e Cassano Irpino, con particolare riferimento al sisma del 23 novembre 1980*. Geol. Appl. e Idrog., 16, Bari.
- COTECCHIA V. & SALVEMINI A. & VENTRELLA N. A. (1981) – *Interpretazione degli abbassamenti territoriali indotti dal terremoto del 23 Novembre 1980 e correlazioni con i*

danni osservati su talune strutture ingegneristiche dell'area epicentrale irpina. Rivista Italiana di Geotecnica, N. 2. 1981 (Napoli).

COTECCHIA V. & RANDINA C. (1955) – *Idrogeologia e sorgenti del comprensorio di bonifica montana dell'Alta Irpinia*. Ente Sviluppo, Irrigazione e Trasformazione Fondiaria in Puglia e Lucania, n. 9, Bari.

D'ARGENIO B. (1966) – *Zone isopiche e faglie trascorrenti nell'Appennino centro-meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 5, pagg. 279 - 299, Roma.

D'ARGENIO B. (1988) – *L'Appennino campano-lucano. Vecchi e nuovi modelli geologici tra gli anni sessanta e gli inizi degli anni ottanta*. Atti del 74° Congr. Naz. Soc. Geol. It. Sorrento (NA), 13-17 settembre.

D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1973) – *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti Acc. Naz. Lincei, 183, Roma.

DE RISO R. & DUCCI D. (1992) – *Schema idrogeologico dell'Alto Sarno (T. Solofrana - Campania)*. Geologia Tecnica e Ambientale, 3/92, pagg. 29 - 38.

DI NOCERA S., IMPERATO M., MATANO F., STANZIONE D., VALENTINO G.M. (1999) – *Caratteri geologici ed idrogeochimici della valle di Ansanto (Irpinia Centrale, Appennino Campano-Lucano)*. Boll. Soc. Geol. It., 118 (1999), Roma, pagg. 395 - 406.

DOERFLINGER N. & ZWAHLEN F. (1997) – *EPIK: a new method for outlining og protection areas in karstic environment*. In: Gunay G. Jonshon AI (EDS). International Symp. on "Karst Waters and Environmental Impacts". Antalya, Turkey, 1997. Balkema, Rotterdam: pagg. 117 - 123 (1997).

ESPOSITO L. (2001) – *Delimitazione "ragionata" delle aree di salvaguardia delle sorgenti di Serino (Avellino - Italia)*. Geologia Tecnica & Ambientale, 1/2001, Roma.

ESPOSITO L., FABBROCINO S. & AQUINO S. (2000) – *Idrodinamica sotterranea e potenzialità idrica dell'acquifero carbonatico del Terminio-Tuoro*. Geologia Tecnica & Ambientale, 4/2000, Roma.

FOSTER S.S.D. (1997) – *Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy*. In: Van Duijvenboden W., Van Waegeningh H.G. (eds) Vulnerability of soil and groundwater to pollutants, vol. 38. TNO Committee on Hydrogeological Research, Proceedings and Information, The Hague, pagg. 69 - 86.

GALASSO M., LA PIANA C. & MUSCETTA K. (1999) – *Indagine sul Fiume Ofanto*. Economia Irpina n. 1/1999.

GALASSO M., LANZETTA E., MANGANIELLO D. & AQUINO S. (1991) – *Studio di un bacino endoreico: effetti e rischi delle attività umane sulla qualità delle acque profonde*. Inquinamento, 33 (11), 1991, pagg. 88-92.

GALDI B. (1931) – *La Valle di Ansanto nella leggenda e nella storia ed il petrolio di Frigento*. Mem. Acc. Sc. Lett. Arti, 3.

GIULIVO I. & SANTO A. (1997) – *Stratigrafia del sottosuolo e problemi geomorfologico-applicativi della città di Avellino*. Atti del Conv. "Geologia delle grandi Aree Urbane" - Progetto Strategico CNR - pagg. 279-289 – Bologna, 4-5 novembre 1977.

GIULIVO I. (2002) – *La Grotta di Caliendo (Monti Picentini, Bagnoli Irpino - Avellino)*. L'Irpinia illustrata, 3, Elio Sellino Editore (Avellino), pagg. 138 - 167.

GUADAGNO F. M., AQUINO S., IESCE M.T., VECCHIARELLI R. & PISCOPO V. (1998) – *Caratterizzazione idrogeologica e potenzialità dell'acquifero della bassa valle del fiume Calore* - Quaderni di Geologia Applicata, 5-2/1998.

INCORONATO A., NARDI G. & ORTOLANI F. (1978a) – *Assetto strutturale del margine nord-orientale dei Monti Picentini (Campania) e implicazioni idrogeologiche*. Atti Sem. Inter. sui Processi Paleocarsici e Neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.

INCORONATO A., NARDI G. & ORTOLANI F. (1978b) – *Assetto strutturale dei massicci carbonatici della Campania meridionale. Implicazioni idrogeologiche*. Rend. Acc. Scienze Fis. Mat. della Soc. Naz. Lettere e Arti in Napoli, serie IV, 45, Napoli.

IPPOLITO F., D'ARGENIO B., PESCATORE T. & SCANDONE P. (1975) – *Structural-stratigraphic units and tectonic framework of Southern Apennines*. Reprinted from *Geology of Italy*. Edited by Coy Squyres. The Earth Sciences Society of the Libyan Arab Republic. 1975, Tripoli.

MANFREDINI M. (1969) – *Considerazioni idrogeologiche sulla sorgente dell'Acquedotto Pugliese presso Caposele (Avellino)*. Rassegna Lavori Pubblici, 4, Roma.

NICOTERA P. (1959) – *Rilevamento ed indagini geologiche per la captazione delle sorgenti di Sorbo Serpico (Avellino)*. Mem. e Note Ist. Geol. Appl., 7, Napoli.

NICOTERA P. & AQUINO S. (1995) – *Una captazione "sui generis" per la sorgente Baiardo nel massiccio del Terminio (Campania)*. Riv. It. Geotecnica, 29.

OLIVIERI DEL CASTILLO A., AMATO L., CELICO P. & DI MAIO G. (1988) – *Ricerche preliminari sull'area geotermica intrappenninica dell'alta valle del torrente Fredane - sorgenti delle Mefite - Rocca San Felice (AV)*. Atti della Giornata Poster sull'attività scientifica del Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II". Napoli, 5 dicembre 1988, pagg. 97 - 98.

ORTOLANI F. (1975) – *Assetto strutturale dei Monti Picentini, della valle del Sele e del gruppo di Monte Marzano-Monte Ognà (Appennino meridionale) - Implicazioni idrogeologiche*. Boll. Soc. Geol. It., 94 (1975), pagg. 209-230, Roma.

ORTOLANI F., DE GENNARO M., FERRERI M., GHIARA M.R., STANZIONE D., ZENONE F. (1981) – *Prospettive geotermiche dell'Irpinia centrale (Appennino meridionale): studio geologico-strutturale e geochimico*. Boll. Soc. Geol. It., 100 (1981), pagg. 139 -159, Roma.

PANICHI C. & TONGIORGI E. (1975) – *Carbon isotopic composition of CO₂ from springs, fumaroles, mofettes and travertines of Central and Southern Italy: a preliminary prospection method of geothermal area*. Proc. 2nd ymp. on Development and Utilization of Geothermal Resources, San Francisco.

PERRONE V. & SGROSSO I. (1982) – *Bacino pre-irpino: una nuova unità paleogeografica miocenica dell'Appennino meridionale*. Rend. Soc. Geol. It., 4, pagg. 365 - 368, Roma.

PESCATORE T. (1986) – *Evolution of a flysch basin during continental collision: Irpinian Basin, Southern Italy*. Giorn. di Geol., Serie 3, Vol. 48, (1/2), pagg. 25 - 43, Bologna.

PESCATORE T., SGROSSO I. & TORRE M. (1969) – *Lineamenti di tettonica e sedimentazione nel Miocene dell'Appennino Campano-Lucano*. Mem. Soc. Nat. in Napoli, Suppl. Boll. 78, Napoli.

-
- PISCOPO V., AQUINO S., GENCO S. & SCIUMANÒ E. (2001) – *Sulla presenza di falde sospese nel rilievo carbonatico del Monte Accellica (Campania)*. Mem. Soc. Geol. It., 56 (2001), pagg. 235 - 241, Roma.
- PISCOPO V., CAVALLARO G., PACE G., VITIELLO P. & AQUINO S. (1993) – *Schema idrogeologico dei Monti Accellica e Licinici (Campania)*. Geol. Appl. e Idrogeol., 28, pagg. 611 - 617, Bari.
- PONTILLO S. & TAGLIATATELA F. (1997) – *Idrogeologia della Valle del fiume Ufita - Grottaminarda (AV)*. Tesi di Laurea in Idrogeologia, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Facoltà MM. FF. NN., Napoli.
- RAGONE A. (1973) – *Bilancio idrico del massiccio del Terminio*. Atti del II° Conv. Inter. Acque Sott. A.I.H.. Palermo, 28-30 aprile 1973.
- ROMEO A. (2005) – *Studio Geologico e Geochimico del Massiccio carbonatico Terminio-Tuoro*. Tesi di Laurea Sperimentale (Triennale), Università degli Studi di Napoli - Corso di Laurea in Scienze Ambientali.
- SALVEMINI A. & VENTRELLA N. A. (1996) – *Horst-graben-horst al margine nord-orientale dei Monti Picentini (Appennino meridionale): un contributo dagli studi idrogeologici sugli acquiferi carsici di Caposele, Cassano Irpino e Quaglietta*. Mem. Soc. Geol. It., 51 (1996), pagg. 467-483, Roma.
- SANTANGELO N. & SANTO A. (1991) – *Endokarstic evolution of carbonatic massif in Campania (Southern Italy): geological and geomorphological implications*. Atti of I.C.E.C.K.A., Padova, Settembre 1991.
- SANTO A. (1991) – *Karst processes and potential vulnerability of the campanian carbonatic aquifers: the state of knowledge*. Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas I.G.U.-U.I.S. – Italy 15-27 Sept., 1991. Quaderni del Dipartimento di Geografia n. 13, 1991, Università di Padova, pagg. 95-107.
- SANTO A., LIGUORI M., AQUINO S. & GALASSO M. (1998) – *Problemi di geologia ambientale nei polje appenninici: l'esempio della piana di Forino (Campania)*. Il Quaternario, 11 (2), 1998, pagg. 233-245.
- SCANDONE P., SGROSSO I. & VALLARIO V. (1967) – *Finestra tettonica nella serie calcareo-silico-marnosa lucana presso Campagna (Monti Picentini, Salerno)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 76, pagg. 3-10 (1967), Napoli.
- SGROSSO I. (1988) – *Nuovi elementi per un più articolato modello paleogeografico nell'Appennino centro-meridionale*. Atti del Congr. Soc. Geol. d'It., 13-17 settembre 1988, Sorrento (Napoli). Mem. Soc. Geol. It., Vol. B, pagg. 388-391, Roma.
- SCHOELLER H. (1975) – *Le chimisme des eaux souterraines*. Atti III Conv. Intern. Acque Sott., pagg. 1-15, Palermo.
- TURCO E. (1976) – *La finestra tettonica di Campagna (Monti Picentini, Salerno)*. Boll. Soc. Natur. in Napoli, 85, pagg. 639-652, Napoli.
- VIPARELLI M. (1978) – *Il regime idraulico delle sorgenti di Sorbo Serpico*. Atti del II° Conv. Inter. Acque Sott. A.I.H.. Palermo, 28-30 aprile 1973.

Principali riferimenti normativi

- R.D. 31 Dicembre 1925 n. 2540 (Regolamento per i progetti, la costruzione e l'esercizio delle dighe di ritenuta).
- R.D. 11 Dicembre 1933, n. 1775 (Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici).
- Deliberazione del Comitato Interministeriale per la Tutela delle acque dall'inquinamento del 04 Febbraio 1977 (Criteri, metodologie e norme tecniche generali di cui all' art. 2, lettere b), d) ed e), della L. 10 Maggio 1976, n. 319, recante norme per la tutela delle acque dall'inquinamento).
- D.P.R. 24 maggio 1988, n. 236 (Qualità delle acque destinate al consumo umano).
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183 (Norme per il Riassetto Organico e Funzionale della Difesa del Suolo).
- Atto d'indirizzo e coordinamento in materia di misure urgenti per la protezione delle falde acquifere dall'inquinamento approvato con delibera della Giunta Regionale della Campania n. 1896 del 03 - 04 - 1990.
- D.Lgs. 12 Luglio 1993, n. 275 (Riordino in materia di concessione di acque pubbliche).
- Legge 5 Gennaio 1994, n.36 (Disposizioni in materia di risorse idriche).
- D. P. C .M. del 4 Marzo 1996 (Disposizioni in materia di risorse idriche).
- D. Lgs. 11 Maggio 1999, n. 152 (Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole).
- Legge 1 Agosto 2002, n. 166 (Disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti).
- D. Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale).

Referenze fotografiche

- Acquedotto Pugliese S.p.a**, 22, 23, 25, 39.
S. Aquino, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 12, 19, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 40, 41, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64.
A.R.I.N. S.p.a., 20, 21.
R. Basile, 33, 47.
N. Catarinella (da: "Vulturara Irpina" Sellino & Barra Editori Ed. 98), 27.
Consorzio di Bonifica dell' Ufita, 68.
A. De Meo (da: "La verde Irpinia" - Sellino & Barra Editori Ed. 96), 9, 17.
I. Giulivo, 45, 46.
F. Iannaccone (da: "La verde Irpinia" Sellino & Barra Editori Ed.96), 6, 57, 66.
O. Picariello (da: "La verde Irpinia" Sellino & Barra Editori Ed. 96), 1.
I. Rainini (da: "Irpinia Antica" – Sellino & Barra Editori Ed. 96), 55.
C. Solito, 7, 14, 15, 34, 35, 38, 65.
A. Santo, 5, 13, 16, 18, 26, 37, 42, 43.
S. Viglietti (da: "La verde Irpinia"-Sellino & Barra Editori Ed.96),36, 67.